وزارت جهادکشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

موسسه تحقیقات اصلاح تهیه نهال و بذر

گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی

مطالعه اثرات کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کودسبز تابستانه بر برخی صفات کمی و کیفی گندم

نام و نام خانوادگی مجری مسئول:

محمدرضا مهرور

شماره ثبت

تاریخ

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه آموزش و ترویج کشاورزی

گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی

عنوان:

مطالعه اثرات کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کودسبز تابستانه بر برخی صفات کمی و کیفی گندم

پژوهش و نگارش:

محمدرضا مهرور

شماره ثبت ۶۵۲۴۰

تاریخ ۱۴۰۳/۰۱/۲۵

- **عنوان فارسی پروژه :** کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کودسبز تابستانه بر برخی صفات کمی و کیفی گندم
- **شماره مصوب پروژه : ۲-۰۳-۰۳-۰۱۵-۰۰۰۲۲۶**
- **نوع پروژه:** استانی □ ملی □
- **نام و نام‌خانوادگی مجری مسئول:** محمدرضا مهرور
- **نام و نام‌خانوادگی مجری تحقیقاتی:** محمدرضا مهرور
- **نام و نام‌خانوادگی همکاران اصلی:**

نام و نام‌خانوادگی همکاران : ناصر قویدل، علی قربانی، میترا رشید، زهره رمضانی، هرمزاسدی

- **محل (های) اجرا (استان / شهرستان):** استان البرز – کرج
- **تاریخ شروع:** ۱۴۰۰/۰۴/۰۱
- **مدت اجرا:** ۲ سال و ۶ ماه
- **موسسه یا مرکز ملی همکار:** موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
- **ناشر:**
- **سال انتشار:** ۱۴۰۲

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	۸
۱- مقدمه	۹
۲- مرور منابع	۱۱
۳- بیان مسئله و هدف	۲۲
٤- مواد و روش ها	۲۳
۵- نتایج و بحث	۲۸
٦- نتایج اقتصادی	۷۳
۷- نتیجه‌گیری کلی	۷۷
۸- منابع مورد استفاده	۷۸
چکیده انگلیسی	۸۲

فهرست جدول‌ه

عنوان	صفحه
جدول ۱	۲۶
جدول۲	۳۰
جداول۳ و ۴	۳۱
جدول۵	۳۳
جدول۶	۳۴
جدول۷	۳۶
جدول۸	۴۳
جدول۹	۴۹
جدول۱۰	۵۶
جدول ۱۱	۵۸
جدول۱۲	۶۲
جدول۱۳	۶۷
جدول۱۴	۷۰
جدول۱۵	۷۳
جدول۱۶	۷۴
جدول۱۷	۷۹
جدول۱۸	۸۰
جدول۱۹	۸۲

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱	۳۰
شکل های۲ و ۳	۳۲
شکل۴	۳۷
شکل های ۵ و۶	۵۹
شکل۷	۶۰
شکل۸	۶۱
شکل۹	۷۶

چکیده

این پروژه تحقیقاتی به مدت دو سال زراعی(۱۴۰۲-۱۴۰۰) در کرج و با هدف تعیین گیاهان پوششی کودسبز و نسبت بذر مناسب کشت مخلوط دوگانه آن ها در تابستان و پیش از کشت گندم آبی به منظور بهبود صفات کمی و کیفی گندم به اجرا در آمد. همچنین سعی بر این بود که نقاط قوت و ضعف مربوط به هر یک از تیمارهای آزمایشی شامل کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کود سبز تابستانه منتخب از نتایج قبلی در ایجاد محیط تولید تاب آور و پایدار در طول دو سال زراعی شناسایی شوند. اجرای تحقیق حاضر با استفاده از طرح آماری کرت های یکبار خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی در ۲۸ تیمار ، شامل ۷ تیمار کشت خالص شامل: یولاف، ماشک گل خوشه ای، شبدر برسیم، کلزا بهاره، گلرنگ بهاره، ارزن علوفه ای شمعی و ماش و ۱۹ تیمار کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کود سبز تابستانه شامل: یولاف – شبدر برسیم، یولاف- کلزا، یولاف – ماش، یولاف-گلرنگ، یولاف-ماشک، کلزا-ماش، کلزا-ماشک، گلرنگ-ماش، کلزا-ارزن علوفه ای، ماش-ماشک، کلزا-شبدر برسیم، ماش-شبدر برسیم، گلرنگ-ماشک، گلرنگ-ارزن علوفه ای، گلرنگ-شبدر برسیم، ارزن علوفه ای-ماش، ماشک-ارزن علوفه ای، ماشک-شبدر برسیم، ارزن علوفه ای-شبدر برسیم، آیش-گندم و کود دامی-گندم در سه تکرار با مجموع ۸۴ واحد آزمایشی اجرا شدشروع تحقیق با کاشت گیاهان پوششی در مردادماه ۱۴۰۰ بود که کشت گندم تحت تأثیر کشت مخلوط بذر گیاهان پوششی در کرت های ثابت و دائمی قرار گرفتند. صفات مورد اندازه گیری عملکرد دانه، کاه، بیوماس و اجزای عملکرد دانه گندم، بیوماس و تعیین شاخص های مربوط به کیفیت نان بوده و در نهایت ارزیابی های اقتصادی تیمارهای آزمایش انجام پذیرفت. داده های بدست آمده با استفاده از نرم افزارهای آماری SPSS و Genstat تجزیه واریانس ساده و مرکب شده، سپس بر اساس نتایج اقدام به مقایسه میانگین ها شد.

به طور خلاصه و با هدف افزایش عملکرد دانه گندم رقم بهاران برای کشت مخلوط دوگانه در تابستان هر سال زراعی پیش از گیاه اصلی گندم، هشت ترکیب بذری کشت مخلوط دوگانه با اثرات موروثی تجمعی مثبت مندرج در جدول رتبه بندی به عنوان توالی های زراعی یکساله کشت مخلوط دوگانه گیاهان زراعی پوششی کودسبز/ گندم شامل کشت های مخلوط: کلزا – ارزن علوفه ای، ماش – شبدر برسیم، ارزن علوفه ای – شبدر برسیم، یولاف – گلرنگ، گلرنگ – شبدر برسیم، گلرنگ – ارزن علوفه ای، ارزن علوفه ای – ماش و گلرنگ – ماش توصیه می شوند.

طبق نتایج اقتصادی، با توجه به عملکرد، و شاخص های سودآوری ، کشت گندم در تیمار کود سبز گلرنگ- ارزن دارای بیشترین عملکرد و سودآوری بوده است، به طوری که عملکرد گندم در این تیمار ۹۶۱۵ کیلوگرم در هکتار و درآمد خالص ۹۹۰ میلیون ریال در هکتار مشخص شد. یک ریال هزینه کرد در تولید گندم و یک ریال فروش گندم در این تیمار بترتیب ۱۲۶ و ۶۹/۳ درصد سود به همراه داشته است.

واژه‌های کلیدی:

گندم، گیاه پوششی کودسبز، کشت مخلوط دو گانه، عملکرد، کیفیت، کشاورزی حفاظتی، سامانه زراعی

مقدمه

در سال های گذشته ضرورت بهره گیری از کشت گیاهان پوششی (کود سبز) در درون نظام های زراعی حفاظتی به دلیل ارائه خدمات اکوسیستمی متنوع مورد تأکید بوده؛ از جمله دلایل این موضوع ایجاد پوشش گیاهی سطح خاک برای کاهش اثرات سوء عواملی مانند گرما، خشکی، شوری و فرسایش آبی و بادی خاک بوده است. هر یک از انواع گیاهان پوششی کود سبز توانایی های برجسته ای در بهبود فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک از طریق افزایش و بهبود مواد آلی، عناصر غذایی و پایداری خاک را دارا بوده و برخی از انواع آن ها قادر به انتقال عناصر غذایی آبشویی شده و از دست رفته از اعماق غیرقابل دسترس خاک به ناحیه قابل دسترس برای ریشه گیاهان زراعی اصلی می باشند. کشت مخلوط دو گانه گیاهان پوششی کود سبز شامل کشت انواع گونه های زراعی مختلف شامل گراس ها، لگوم ها و براسیکا کاربری های بسیار متنوع و گسترده ای را ایجاد نموده، به همین دلیل می توانند به عنوان جزء بسیار اساسی در تحول نظام های زراعی حفاظتی آبی آتی مطرح شوند و بدین لحاظ نیازمند تحقیق و توجه خاص می باشند. از جمله ی این کاربری ها می توان به پوشش دهی سطح خاک زراعی به عنوان مالچ زنده گیاهی با ریشه های فعال، کود سبز، مهار زراعی علف های هرز مزرعه، تأمین علوفه دام و نیز دانه خوراکی مورد تغذیه ی جوامع انسانی اشاره نمود. در این خصوص و به طور هدفمند بایستی به انتخاب کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی مناسب پرداخت. زیرا ویژگی های مهمی مانند طول دوره رشد گیاهان درون مخلوط بذر، مقاومت و یا تحمل به تنش های زنده و غیرزنده، تثبیت نیتروژن ملکولی جو زمین، توانایی جذب نیتروژن مازاد محیط رشد ریشه گیاه، ارزش غذایی برای دام و انسان و هزینه های استقرار در مزرعه مهم و مطرح می باشند. البته چون تاکنون هیچ سامانه و یا گیاه پوششی قادر به ارائه تمامی منافع یاد شده نبوده است، بنابراین تحقیق در زمینه تعیین نقاط قوت و ضعف کشت مخلوط دو گانه بذر گیاهان پوششی کود سبز مناسب برای سامانه زراعی هدف ضرورت دارد.

سوألات اساسی در این زمینه:

۱- آیا با جایگزینی کشت مخلوط دو گانه بذرگیاهان پوششی کود سبز تابستانه از نوع غلات و گراس ها، بقولات و حبوبات و براسیکا به عنوان منابع تولید علوفه و کود سبز می توان بهره وری و کیفیت دانه گندم را افزایش داد؟

۲- با جایگزینی کشت مخلوط دو گانه بذرگیاه پوششی با آیش علف هرز زمین زراعی شاهد چه تغییرات مثبت و یا منفی در بهره وری گندم خواهیم بود؟

براساس نتایج فراتحلیل جهانی اولدفیلد و همکاران (۲۰۱۹) بین کربن آلی خاک تا میزان دو درصد در اقلیم های معتدل و عملکرد گندم و ذرت رابطه مستقیم و مثبت وجود داشته در حالی که با ورود گیاهان پوششی شاهد افزایش کربن آلی خاک بوده که به طور غیر مستقیم به افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و افزایش طول دوره های آبیاری گندم منتهی شده که به خوبی نشانگر صرفه جویی قابل توجه در حجم آب مصرفی برای آبیاری گندم و سایر محصولات در تناوب است. در واقع به

نظر می رسد هم اینک مشکل اساسی در زمین های زراعی آبی کشور فقر شدید کربن آلی فعال خاک ها می باشد که ارتقاء بهره وری آب به بیش از یک را نامحتمل می سازد. در واقع کشت مداوم ذرت و یا آیش پاک زمین زراعی (آیش سیاه) در تابستان است که از جمله بدترین رویکردها بوده، هر دوی آن ها می توانند به فرسایش و تنزل خاک زراعی منجر شده در حالی که نمی توان انتظار کاهش خلاء عملکرد گندم پس از آن ها را داشته و کمترین کمک را به افزایش بهره وری آب آبیاری می کنند. حال آن که بین گیاهان پوششی از نظر میزان تولید بیوماس اندام هوایی و زیرزمینی و مصرف آب نیز تفاوت های اساسی وجود داشته به نظر می رسد گیاهان پوششی تابستانه مانند یولاف زراعی با تولید کمترین بیوماس اندام هوایی و احتمالاً کمترین آب مصرفی، به دلیل تولید بالای بیوماس اندام زیرزمینی و نیز توشحات ریشه ای قادر هستند اثرات مثبت خود را بر عملکرد گندم پس از خود به وجود آورده که روند تغییرات عملکرد آن نیز افزایشی نیز بود (منبع: داده های تحقیق).

براساس نتایج یافته های پیشین ناشی از اجرای پروژه های تحقیقی مربوط به کشاورزی حفاظتی در استان البرز در راستای ارائه نسخه کاربردی کشاورزی حفاظتی برای اراضی آبی این استان؛ ترکیبی از رویکردهای مدیریتی در قالب مجموعه ای هماهنگ ارائه گردیده اند که می توانند تا حد زیادی از نوسانات عملکرد گندم ناشی از اجرای کشاورزی مرسوم جلوگیری نمایند. در این خصوص اعمال توالی یا تناوب زراعی متنوع، اجرای کم خاک ورزی به جای بی خاک ورزی شامل حذف گاوآهن برگرداندار، کاهش عمق خاک ورزی به حدود ۱۵ سانتی متر، اجرای خاک ورزی عمودی به جای افقی، تلفیق منطقی فن آوری های کشت بر روی بسترهای بلند و نیز دوبار کم خاک ورزی در کشت های تابستانه و پاییزه و در یک سامانه زراعی یکپارچه مبتنی بر گندم آبی از جمله برخی مواردی هستند که می توانند به پایداری محیط تولید و تا حدی استاندارد سازی آن در زمین های زراعی آبی منطقه کمک شایان توجهی نمایند. به طور مثال براساس نتایج پیشینه این تحقیق، استمرار در اعمال نظام زراعی غیر متنوع یکسال دو محصول گندم/ذرت پیامدهای زیانباری از جمله تراکم و فشردگی خاک زراعی، طغیان علف های هرز و وابستگی بیشتر به سرکوب شیمیایی علف های هرز، کاهش بهره وری گندم و ذرت و نیز کاهش پایداری سامانه تولید در طول سال های آتی و افزایش حساسیت این گیاهان به بیماری ها را در پی داشته اند. همچنین درخصوص نقش و تأثیر گیاهان پوششی کود سبز تابستانه براساس داده های دو ساله تحقیق در حال اجرا توسط نگارنده، عملکرد گندم کشت شده پس از اتمام دوره رشد ۱۶ گیاه پوششی تابستانه روند افزایشی نشان داده و از سطح ۷۰۰۰ کیلوگرم در هکتار به سطح ۹۰۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته، در حالی که ضریب تأثیر گیاهان پوششی کود سبز تابستانه بر عملکرد گندم متفاوت بوده و بیشترین ضریب تأثیر به گیاه یولاف زراعی (به احتمال زیاد ناشی از عواملی مانند افزایش کربن آلی فعال خاک زراعی، میزان متفاوت بیوماس اندام هوایی و زمینی و نیز ترشحات آزاد شده از ریشه (Rhizodeposition) گیاهان پوششی کود سبز تابستانه) تعلق داشت. پرسش اساسی این است که آیا با اجرای کشت

مخلوط دوگانه گونه های مختلف گیاهان پوششی کود سبز می توان ضریب تأثیر یادشده را باز هم افزایش داده و علاوه بر بهبود بهره وری گندم، کیفیت آن را نیز ارتقاء داد؟ به نظر می رسد در همین راستا نیاز به تحقیق در خصوص تعیین نقش، تأثیر و جایگاه کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کود سبز از اهمیت بسیار زیادی برخوردار هستند تا از طریق ورود آن ها به سامانه های زراعی آبی بتوان به بهبود بهره وری سامانه های زراعی حفاظتی مبتنی بر غلات ریز دانه مانند گندم آبی کمک نمود.

مرور منابع

اثر پوشش گیاهی کود سبز تابستانی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم آبی

گیاهان پوششی کود سبز می توانند اثرات مختلفی بر عملکرد دانه گندم آبی و اجزای عملکرد آن داشته باشند. در اینجا برخی از اثرات بالقوه وجود دارد:

بهبود حاصلخیزی خاک: گیاهان پوششی کود سبز، مانند حبوبات (مانند شبدر، ماشک) یا علف‌ها (مانند چاودار، جو دوسر)، می‌توانند نیتروژن جو زمین را تثبیت کنند و در دسترس بودن نیتروژن خاک را افزایش داده که می تواند حاصلخیزی خاک را افزایش دهد و منجر به بهبود عملکرد دانه گندم و اجزای عملکرد شود.

افزودن ماده آلی: گیاهان پوششی بویژه کودسبز به تجمع مواد آلی در خاک کمک قابل توجهی می کنند. افزایش محتوای مواد آلی، ساختمان خاک، ظرفیت نگهداری آب خاک و در دسترس بودن عناصر غذایی را بهبود می بخشد، که همگی می توانند بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم تأثیر مثبت بگذارند.

مهار علف های هرز: یک گیاه پوششی کودسبز که به خوبی اسقرار یافته باشد، می تواند برای نور، آب و عناصر غذایی با علف های هرز رقابت کند و فشار علف های هرز را در محصول بعدی گندم کاهش دهد. در حالی که مهار علف های هرز می تواند با به حداقل رساندن رقابت، عملکرد دانه گندم را افزایش دهد. البته براساس نتایج و مشاهدات تحقیق چهار ساله پیشین (مهرور و همکاران، ۲۰۲۰) و نیز تحقیق دوساله حاضر هرگاه در نیمه اول تابستان مهار علف های هرز در شرایط اعمال آیش کوتاه مدت (۴۵ روزه) به شکل مکانیکی و با استفاده از دستگاه هرس بشقابی انجام پذیرد، به خوبی می توان به ایجاد یک محیط رقابتی شامل اجزای گیاهان پوششی کودسبز در کشت مخلوط دوگانه، گندم ریزشی و علف های هرز به عنوان سه منبع تولید کربن آلی مایع در طول یک دوره ۶۵ تا ۷۰ روزه دست یافته که بهترین شرایط را برای احیای زمین زراعی و افزایش ماده آلی و دیگر ویژگی های آن به وجود آورده بدین شکل که برای مدت چهار ماه یعنی ماه های تیر تا مهر ماه هر سال زراعی زمین زراعی بازیابی و احیاء شده که بتواند در هشت ماه بعدی یعنی از آبان تا خرداد ماه هر سال زراعی به بهترین شکل به گیاه اصلی گندم خدمات زیست بوم لازم را ارائه دهد.

حفظ رطوبت: گیاهان پوششی به عنوان یک لایه محافظ بر روی سطح خاک عمل می کنند، تبخیر را کاهش می دهند و نفوذ آب را افزایش می دهند. این می تواند به حفظ رطوبت خاک کمک کند، به ویژه در دوره های خشک، که تأثیر مثبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دارد.

چرخه عناصر غذایی: گیاهان پوششی کود سبز عناصر غذایی را از خاک می گیرند و هنگامی که تجزیه می شوند، این عناصر غذایی دوباره به خاک رها می شوند و برای گیاهان بعدی مانند گندم در دسترس می شوند. چرخه عناصر غذایی بهبود یافته می تواند از رشد و عملکرد گندم حمایت کند.

مدیریت آفات و بیماری ها: برخی از گیاهان پوششی مانند گل همیشه بهار یا خردل می توانند خواص آللوپاتیک داشته باشند و مواد شیمیایی طبیعی را آزاد کنند که از آفات جلوگیری می کند و بیماری های منتقله از خاک را مهار می کند. کاهش فشار آفات و بیماری ها می تواند از گیاهان گندم محافظت کند و عملکرد را بهبود بخشد.

توجه به این نکته حائز اهمیت است که اثرات ویژه گیاهان پوششی کود سبز بر عملکرد گندم آبی و اجزای آن می تواند بسته به عواملی مانند گونه های گیاهی پوششی، زمان پایان کشت پوششی، شرایط خاک، آب و هوا و شیوه های مدیریتی متفاوت باشد. بنابراین با اجرای آزمایش‌های مزرعه‌ای و نیز مراجعه به مطالعات علمی خاص منطقه ای و شرایط موجود می‌توان بینش دقیق‌تری از تأثیر گیاهان پوششی کود سبز بر عملکرد و بهره وری گندم آبی ارائه داد.

برخی اثرات گیاهان پوششی کود سبز تابستانی بر عملکرد دانه گندم آبی و اجزای عملکرد آن

گیاهان پوششی کود سبز می توانند اثرات مختلفی بر عملکرد دانه گندم آبی و اجزای عملکرد آن داشته باشند. در اینجا برخی از اثرات بالقوه وجود دارد:

بهبود حاصلخیزی خاک: گیاهان پوششی کود سبز، مانند حبوبات (مانند شبدر، ماشک) یا علف‌ها (مانند چاودار، جو دوسر)، می‌توانند نیتروژن جو زمین را تثبیت کنند و در دسترس بودن نیتروژن خاک را افزایش دهند. این می تواند حاصلخیزی خاک را افزایش دهد و منجر به بهبود عملکرد دانه گندم و اجزای عملکرد شود.

افزودن ماده آلی: گیاهان پوششی کود سبز نقش حیاتی در تجمع مواد آلی در خاک دارند. تجزیه بقایای گیاهان پوششی، کربن آلی را به خاک اضافه می کند، ساختمان خاک را بهبود می بخشد و دسترسی به عناصر غذایی را افزایش می دهد(Tilmann et al., 2007). سطوح بالاتر مواد آلی خاک با افزایش عملکرد دانه گندم مرتبط است، زیرا مواد آلی ظرفیت نگهداری آب، حفظ عناصر غذایی و فعالیت میکروبی خاک را بهبود می بخشد (دکستر و همکاران، ۲۰۰۸). گیاهان پوششی کود سبز هنگام تجزیه مواد آلی به خاک اضافه می کنند. افزودن مواد آلی ساختمان خاک، ظرفیت نگهداری آب و

در دسترس بودن عناصر غذایی را بهبود می بخشد و در نهایت عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم را سودمند می کند(Timann et al., 2007). مواد آلی همچنین فعالیت میکروبی خاک را افزایش می دهد، چرخه عناصر غذایی را افزایش داده و دسترسی به عناصر غذایی را برای گیاهان گندم بهبود می بخشد(Gregorich et al., 1998).

مهار علف های هرز: رشد شدید گیاهان پوششی کود سبز می تواند با رقابت برای منابعی مانند نور، آب و عناصر غذایی به مهار جمعیت علف های هرز کمک کند(Mohler, 2001). مطالعات نشان داده اند که گیاهان پوششی، به ویژه حبوبات، می توانند به طور قابل توجهی زیست توده و تراکم علف های هرز را در گیاهان بعدی گندم کاهش دهند که منجر به بهبود عملکرد دانه می شود(Khan et al., 2019). گیاهان پوششی کود سبز به خوبی تثبیت شده برای منابعی مانند نور، آب و عناصر غذایی با علف های هرز رقابت می کنند. این رقابت رشد علف های هرز را مهار می کند و زیست توده علف های هرز را کاهش می دهد و در نتیجه فشار علف های هرز بر محصول بعدی گندم کاهش می یابد (لیبمن و دیویس، ۲۰۰۰). مهار موثر علف های هرز توسط گیاهان پوششی کود سبز می تواند با به حداقل رساندن رقابت برای منابع و کاهش تلفات عملکرد ناشی از علف های هرز، عملکرد دانه گندم را افزایش دهد(Sharma et al., 2018).

حفظ رطوبت: یک محصول پوششی کود سبز به خوبی تثبیت شده به عنوان یک لایه محافظ بر روی سطح خاک عمل می کند، تبخیر را کاهش می دهد و میزان نفوذ آب را بهبود می بخشد(Bhattacharyya et al., 2008). بهبود حفاظت از رطوبت خاک ارائه شده توسط گیاهان پوششی با افزایش عملکرد دانه گندم و اجزای عملکرد، مانند طول سنبله، وزن دانه و تعداد دانه در سنبله همراه بوده است(Alonso-Ayuso et al., 2013). گیاهان پوششی کود سبز به عنوان یک لایه محافظ بر روی سطح خاک عمل می کنند و باعث کاهش تبخیر و بهبود نفوذ آب می شوند. این به حفظ رطوبت خاک، به ویژه در دوره‌های تبخیر و تعرق بالا کمک می‌کند و در نهایت به سود گندم آبی می‌شود (حدادچی و همکاران، ۲۰۱۵).

چرخه عناصر غذایی:گیاهان پوششی کود سبز عناصر غذایی را از خاک می گیرند و پس از پایان یافتن و تجزیه، آن عناصر غذایی را دوباره به خاک رها می کنند و آنها را برای گیاهان بعدی مانند گندم در دسترس قرار می دهند(Ghaley et al., 2005). ارتقاء چرخه عناصر غذایی تسهیل شده توسط گیاهان پوششی برای بهبود اجزای عملکرد گندم از جمله وزن دانه، دانه در سنبله و شاخص برداشت گزارش شده است(Kamara et al., 2007). گیاهان پوششی کود سبز عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم را از خاک می گیرند. هنگامی که این گیاهان پوششی پایان می یابند و در خاک گنجانده می شوند، عناصر غذایی از طریق تجزیه آزاد می شوند و برای گیاهان بعدی مانند گندم در دسترس می شوند (انگوس و همکاران، ۲۰۱۵). چرخه عناصر غذایی تقویت شده توسط گیاهان پوششی کود سبز می تواند عملکرد دانه گندم و اجزای عملکرد را با ایجاد یک محیط خاک غنی از عناصر غذایی برای رشد گندم بهبود بخشد(Ghaley et al., 2005). گیاهان پوششی کود سبز عناصر غذایی را از خاک می گیرند و پس از پایان یافتن و تجزیه، آن عناصر غذایی را

دوباره به خاک رها می کنند و آنها را برای گیاهان بعدی مانند گندم در دسترس قرار می دهند(Ghaley et al., 2005) . ارتقاء چرخه عناصر غذایی تسهیل شده توسط گیاهان پوششی برای بهبود اجزای عملکرد گندم از جمله وزن دانه، دانه در سنبله و شاخص برداشت گزارش شده است.(Kamara et al., 2007)

بهبود حاصلخیزی خاک:گیاهان پوششی حبوبات، مانند شبدر و ماشک، توانایی تثبیت نیتروژن جو زمین را از طریق ارتباط همزیستی با باکتری های تثبیت کننده نیتروژن دارند. این فرآیند تثبیت نیتروژن، دسترسی نیتروژن خاک را برای گیاهان بعدی مانند گندم افزایش می دهد(Sainju et al., 2002). گیاهان پوششی چمن مانند چاودار و جو نیز با جذب و بازیافت عناصر غذایی از لایه‌های عمیق‌تر خاک به حاصلخیزی خاک کمک می‌کنند، که متعاقباً می‌تواند توسط گندم استفاده شود(Nkongolo و همکاران، ۲۰۰۶). افزایش محتوای نیتروژن خاک از گیاهان پوششی کود سبز با بهبود عملکرد دانه گندم و اجزای عملکرد، از جمله وزن بیشتر دانه، سنبلچه در سنبله و دانه در سنبله مرتبط است (لیو و همکاران، ۲۰۰۵). گیاهان پوششی کود سبز با تثبیت نیتروژن جو زمین، به ویژه گیاهان پوششی حبوبات، به حاصلخیزی خاک کمک می کنند. افزایش در دسترس بودن نیتروژن خاک از گیاهان پوششی کود سبز به طور مثبت بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد گندم تأثیر می گذارد. محتوای نیتروژن بیشتر باعث رشد رویشی شدید می شود و در نتیجه خوشه های بیشتری در هر سنبله و دانه در هر سنبله بیشتر می شود (کورسلمن و همکاران، ۲۰۰۲). گیاهان پوششی حبوبات، مانند شبدر و ماشک، توانایی تثبیت نیتروژن جو زمین را از طریق ارتباط همزیستی با باکتری های تثبیت کننده نیتروژن دارند. این فرآیند تثبیت نیتروژن، دسترسی نیتروژن خاک را برای گیاهان بعدی مانند گندم افزایش می دهد(Sainju et al., 2002). گیاهان پوششی چمن مانند چاودار و جو نیز با جذب و بازیافت عناصر غذایی از لایه‌های عمیق‌تر خاک به حاصلخیزی خاک کمک می‌کنند، که متعاقباً می‌تواند توسط گندم استفاده شود (Nkongolo et al., 2006). افزایش محتوای نیتروژن خاک از گیاهان پوششی کود سبز با بهبود عملکرد دانه گندم و اجزای عملکرد، از جمله وزن بیشتر دانه، سنبلچه در سنبله و دانه در سنبله مرتبط است (لیو و همکاران، ۲۰۰۵).

مدیریت آفات و بیماری ها: برخی از گیاهان پوششی کود سبز دارای خواص آللوپاتیک هستند، جایی که آنها مواد شیمیایی طبیعی را آزاد می کنند که از آفات جلوگیری می کند و بیماری های منتقله از خاک را مهار می کند. به عنوان مثال، گل همیشه بهار و خردل اثرات آللوپاتیک در برابر آفات و بیماری های خاص نشان داده اند (انور و همکاران، ۲۰۲۰). کاهش فشار آفات و بیماری ناشی از حضور گیاهان پوششی آللوپاتیک می تواند از گیاهان گندم محافظت کند و به عملکرد دانه بیشتر کمک کند(Hussain et al., 2018). برخی از گیاهان پوششی کود سبز دارای خواص آللوپاتیک هستند یا مواد شیمیایی طبیعی آزاد می کنند که از رشد آفات جلوگیری می کند و بیماری های منتقله از خاک را مهار می کند. به عنوان مثال، گیاهان پوششی خردل می توانند به مدیریت جمعیت های نماتد خاصی کمک کنند که می توانند بر عملکرد دانه

گندم تأثیر منفی بگذارند(Hossain et al., 2019). با کاهش فشار آفات و بیماری ها، گیاهان پوششی کود سبز به گیاه گندم سالم تر کمک می کند و منجر به بهبود عملکرد دانه آن می شود. سخنرانان (کومار و همکاران، ۲۰۲۰). برخی از گیاهان پوششی کود سبز دارای خواص آللوپاتیک هستند، جایی که آنها مواد شیمیایی طبیعی را آزاد می کنند که از آفات جلوگیری می کند و بیماری های منتقله از خاک را مهار می کند. به عنوان مثال، گل همیشه بهار و خردل اثرات آللوپاتیک در برابر آفات و بیماری های خاص نشان داده اند (انور و همکاران، ۲۰۲۰). کاهش فشار آفات و بیماری ناشی از حضور گیاهان پوششی آللوپاتیک می تواند از گیاهان گندم محافظت کند و به عملکرد دانه بیشتر کمک کند(Hussain et al., 2018).

دانه در سنبله: این صفت به تعداد دانه های گندم تولید شده در هر سنبله اشاره داشته، جزئی بسیار مهم است که به طور مستقیم بر عملکرد دانه تأثیر می گذارد. تعداد دانه در سنبله به عوامل مختلفی از جمله ویژگی های ژنتیکی، شرایط محیطی و شیوه های مدیریت بستگی دارد. عوامل ژنتیکی: ارقام مختلف گندم پتانسیل ژنتیکی متفاوتی برای تولید بذر دارند. برخی از ارقام به طور طبیعی دانه بیشتری در هر سنبله نسبت به بقیه تولید می کنند. انتخاب ارقام پرمحصول با تعداد دانه بیشتر در سنبله برای دستیابی به پتانسیل عملکرد دانه بیشتر مهم است. **عوامل محیطی**: شرایط محیطی در طی مراحل کلیدی رشد گندم می تواند به طور قابل توجهی بر تشکیل دانه تأثیر بگذارد. دمای مطلوب، در دسترس بودن رطوبت و شرایط نور برای به حداکثر رساندن تعداد بالقوه دانه در سنبله بسیار مهم هستند. شرایط محیطی نامطلوب، مانند خشکی، دمای بالا، یا بارندگی بیش از حد، می تواند بر رشد دانه تأثیر منفی داشته و تعداد دانه در سنبله را کاهش دهد(Slafer et al., 2014).

مدیریت به زراعی: **کوددهی**: مناسب مدیریت عناصر غذایی، به ویژه نیتروژن، برای بهینه سازی مجموعه بذر و افزایش تعداد دانه در سنبله ضروری است. در دسترس بودن نیتروژن کافی در طول فاز تولید مثل، تشکیل گلچه های بارورتر را افزایش داده و رشد دانه را افزایش می دهد (فولکس و همکاران، ۲۰۱۱). با این حال، کوددهی بیش از حد نیتروژن می تواند منجر به خوابیدگی بوته و کاهش تشکیل بذر شود. تراکم بوته: تراکم جمعیت گیاهی می تواند بر تعداد دانه در سنبله تأثیر بگذارد. تراکم بالاتر بوته ممکن است منجر به افزایش رقابت برای منابع شود که منجر به تعداد پنجه بیشتر اما تعداد دانه کمتر در سنبله شود. تراکم بهینه گیاه باید بر اساس شرایط محیطی و مدیریتی خاص تعیین شود. مدیریت آبیاری: مدیریت صحیح آبیاری برای دانه بندی و تعداد دانه در سنبله بسیار مهم است. تنش آبی در مراحل حساس گلدهی و پر شدن دانه می تواند بر تشکیل دانه تأثیر منفی بگذارد و تعداد دانه در سنبله را کاهش دهد. حفظ سطوح بهینه رطوبت خاک از طریق برنامه ریزی مناسب آبیاری برای به حداکثر رساندن دانه بندی و عملکرد دانه ضروری است. برهمکنش با سایر اجزای عملکرد: تعداد دانه در سنبله با سایر اجزای عملکرد مانند تعداد سنبلچه و وزن دانه ارتباط متقابل دارد. افزایش تعداد دانه در سنبله می تواند ناشی از باروری بیشتر سنبلچه (درصد گلچه های تشکیل دهنده دانه) یا افزایش تعداد سنبلچه در سنبله باشد (Tambussi et al.,

.(2007به حداکثر رساندن تعداد دانه در سنبله، در ترکیب با باروری مطلوب سنبلچه و وزن دانه، به بهبود کلی عملکرد دانه کمک می کند.

از جمله مزایای مترتب بر بهره گیری از رویکرد مدیریتی ورود گیاهان پوششی به توالی های زراعی کوتاه مدت به منظور افزایش تنوع بیولوژیکی و اثرات آن بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام گندم آبی به مواردی از جمله پایدارسازی محیط تولید و کاهش نوسانات عملکرد در طول سالیان متمادی، کاهش علف های هرز مزرعه، بهبود کیفیت دانه، افزایش تحمل به تنش های غیرزنده مانند خشکی آخر فصل در ارقام گندم اشاره شده است. همچنین در خصوص دلایل سودمندی و یا عدم سودمندی اثرات گیاهان پوششی بر ارقام غلات دانه ریز می توان به مواردی مانند ایجاد یکنواختی در محیط تولید و یا فعال سازی بافرهای محیطی و بیولوژیکی آن محیط ها، بهبود حاصلخیزی خاک زراعی با تأثیر بر ویژگی های فیزیکی آن شامل دانه بندی و بهبود خاکدانه و نیز ظرفیت نگهداری آب خاک، بهبود شیمیایی شامل ظرفیت تبادل کاتیونی و بهبود بیولوژیکی خاک زراعی شامل افزایش ماده آلی و بهبود فعالیت میکروارگانیسم های خاک اشاره داشت.

اجرای تحقیق حاضر به منظور تکمیل نتایج پروژه تحقیقاتی پیشین در زمینه ورود گیاهان پوششی کود سبز تابستانه به منظور بهینه سازی محیط تولید گندم آبی در سامانه های کشاورزی حفاظتی در اراضی آبی اقلیم معتدل سرد استان البرز می باشد. با توجه به نتایج تحقیقات جهانی انجام پذیرفته در خصوص نقش و جایگاه گیاهان پوششی کود سبز حتی به عنوان جزء اصلی در کشاورزی پایدار اقلیم هوشمند(Climate smart sustainable agriculture)، به نظر می رسد در آینده بایستی سطح زیر کشت گیاهان پوششی کود سبز در نظام های زراعی آبی کشور به دلایل زیر افزایش یابند:

- کاهش فرسایش فیزیکی و بیولوژیکی خاک های زراعی به عنوان بزرگ ترین عامل تهدید کننده آن ها
- بهبود کیفیت و سلامت خاک های زراعی از طریق ارتقاء مواد آلی در اعماق خاک با توسعه ی عمقی ریشه گیاهان، بهبود ساختمان، کاهش وزن مخصوص، افزایش پایداری خاکدانه و تخلخل خاک و کاهش تراکم خاک، مدیریت عناصر غذایی اصلی به ویژه نیتروژن و ریزمغذی خاک و افزایش عناصر غذایی قابل جذب بویژه فسفر نامحلول خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، افزایش جمعیت نرمتنان خاک به طور ویژه کرم های خاکی و ارتقاء بیوماس میکروبی خاک با منشاء کربن و نیتروژن، کاهش و یا عدم شیوع آفات و بیماری ها در سطح مزرعه
- بهبود کیفی آب آبیاری
- ارتقاء کمی و کیفی محصولات زراعی در تناوب با گیاهان پوششی
- تکمیل نتایج مثبت کوتاه مدت و بلندمدت مربوط به اجرای سامانه های حفاظتی از طریق تلفیق منطقی آن سامانه ها با گیاهان پوششی ازطریق ارتقاء اثرات هم افزایی مثبت بین اجزای سامانه تولید محصولات زراعی

- جذب نیتروژن مازاد خاک های زراعی به منظور بهره گیری مناسب و متناسب از این عنصر مهم در طول دوره های نظام های تناوب زراعی حفاظتی در طول دوره کشت گیاهان پوششی به جای آیش زمین زراعی
- کاهش قدرت رقابت علف های هرز با گیاه زراعی اصلی به دلیل مهار پیشین علف های هرز از طریق کشت گیاه پوششی مناسب
- کاهش وابستگی سامانه تولید محصولات زراعی به علف هرزکش های شیمیایی و ایجاد مقاومت به آن ها

پاریهار و همکاران (۲۰۱۷) معتقدند که با استفاده از نظام زراعی ذرت – گندم- ماش به عنوان یک نظام مورد پذیرش مردم منطقه و جایگزینی آن با نظام های زراعی سنتی مبتنی بر برنج در دشت های شمال غربی هند و گنگ (IGP) می توان به حل چالش های مربوط به انرژی و کمبود غذا، سوزاندن باقی مانده های گیاهی، کاهش بهره وری زیست توده و آب کمک نمود. در تحقیقات چهارساله توسط ایشان نشان داده شد که در مناطق نیمه خشک، تنوع تغییرات اقلیمی در بارش های جوی و دمای محیط ممکن است بر واکنش های فنولوژیکی غلات و حبوبات اثر داشته که به نوبه خود تولید زیست توده، عملکرد اقتصادی و انرژی و کارایی مصرف آب آن ها را تحت تأثیر خود قرار می دهد. به همین دلیل کمی سازی عملکردهای معادل زیستی، انرژی مورد نیاز، اقتصاد و کارایی مصرف آب نظام های زراعی مانند نظام ذرت-گندم-ماش با هدف شناخت بیشتر نظام یاد شده ضرورت دارد.

چهار هدف اساسی در خصوص بهره گیری از گیاهان پوششی شامل افزودن نیتروژن قابل جذب و استفاده بهینه از خاک زراعی، افزایش کربن آلی و ماده آلی خاک، استخراج و انتقال عناصر غذایی از لایه های عمقی به لایه های سطحی خاک و سرکوب علف های هرز مزرعه هستند که در بررسی حاضر از طریق بررسی بر روی صفات زراعی و فیزیولوژیکی در طول دوره رشد گیاه پوششی هدف در کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی مد نظر قرار گرفته اند. در حالی که به طور کلی گیاهان پوششی در سه گروه اصلی شامل گراس ها، لگوم ها و براسیکا قرار گرفته و بر همین اساس بهره گیری از کشت مخلوط دو گانه بذر گیاهان پوششی به منظور تأمین همزمان تعداد بیشتری از اهداف مذکور است.

طبق گزارش فائو، تا سال ۲۰۵۰ میزان تولید جهانی مواد غذایی باید ۷۰ درصد افزایش یابد تا جمعیت در حال رشد را تأمین کند (FAO ، ۲۰۰۹). در عین حال، برای حفظ پایداری اکولوژیکی و تاب آوری تولید محصولات زراعی باید اثرات مخرب زیست محیطی بخش کشاورزی به میزان قابل توجهی کاهش یابند (فولی و همکاران ، ۲۰۱۱). چالش تولید مواد غذایی کافی برای جمعیت در حال رشد بدون به خطر انداختن محیط زیست، با کاهش منابع زمین های زراعی موجود برای کشت همراه است. کشت خالص گیاهان پوششی و از آن بهتر کشت مخلوط دو گانه بذر گیاهان پوششی یک راهبرد با کمترین اتکا به نهاده های بیرونی ولی موثر برای رفع این چالش ها است. گیاهان پوششی به عنوان راهبردی مهم در کشاورزی و تولید پایدار گیاهان زراعی و مدیریت باروری خاک به ویژه در زراعت فشرده آبی در نظر گرفته می شوند.

گیاهان پوششی به هر محصولی گفته می شود که بین دوره های معمول گیاهان اصلی کاشته می شوند. تولید گیاهان پوششی با هدف افزایش خدمات اکوسیستمی متعدد می تواند به صورت شخم کود سبز آن ها در حالی که هنوز سبز بوده و یا در مرحله بلوغ در خاک قرار دارند، محقق می شود. گیاهان پوششی باعث افزایش بقایای گیاهان حفظ شده در سطح و درون خاک، کاهش خاک ورزی و فرسایش خاک، بهبود ساختمان خاک و خاکدانه های پایدار در آب، سرکوب آفات و علف های هرز، بیشینه سازی بهره وری آب و عناصر غذایی در سامانه های تولید گیاهان زراعی و افزایش بهره وری خالص اکوسیستم و ترسیب طولانی مدت کربن آلی خاک می شوند. همچنین به طور بالقوه عملکرد گیاه اصلی پس از خود را بهبود بخشیده، همچنین علوفه دام را فراهم نموده، از گرده افشان ها و حشرات مفید حمایت کرده و آلودگی آب و هوا را کاهش می دهند. گیاهان پوششی مجموعه ای از مزایای متعدد کاملاً مستندی را برای کشاورزان و محیط زیست فراهم می آورند. با این حال، هیچ گونه گیاه واحدی نمی تواند همه این مزایا را ارائه دهد.

آدتونجی و همکاران (۲۰۲۰) مزایای گیاهان پوششی را در چند بخش شامل مزایای مربوط به فیزیک خاک از جمله: فرسایش خاک، پایداری خاکدانه، خصوصیات هیدرولیکی خاک، تراکم و وزن مخصوص خاک و دمای خاک؛ بهبود خصوصیات شیمیایی خاک شامل: کربن و ماده آلی خاک، نیتروژن خاک، عناصر غذایی اصلی و ریزمغذی خاک و نیز منافع بیولوژیکی شامل: جمعیت و فعالیت میکروبی خاک، جمعیت کرم های خاکی و مدیریت آفات برشمردند.

سلامت خاک یا خاک سالم بنیان و شالوده یک نظام زراعی موفق است. این نظام زراعی الزاماً نبایستی ارگانیک در نظر گرفته شود بلکه بایستی ضمن حفظ یکپارچگی و با رعایت دیدگاه یکپارچه نسبت به اجزای آن در بهره گیری از منابع و نهاده ها هیچگونه اغراق یا زیاده خواهی دیده نشود. خاک حاصلخیز ارائه دهنده ی عناصر غذایی ضروری برای گیاهان بوده در حالی که از یک جمعیت میکروبی متنوع و فعال پشتیبانی نموده به طوری که بتواند به خاک در دفاع در برابر تنزل محیطی کمک نماید. در اینجا تأکید بیشتری بر فرآیندهای زیستی درون سامانه خاک برای چرخش و آزادسازی عناصر غذایی است در حالی که تأمین مقادیر زیاد عناصر غذایی محلول آزاد شده از کودهای شیمیایی صنعتی از درجه اهمیت بعدی قرار دارند.

اولدفیلد وهمکاران (۲۰۱۹) به خاک بارور و حاصلخیز و مقاوم در برابر شرایط دشوار محیطی به عنوان یک ضرورت در خصوص پایداری کشاورزی فشرده به منظور افزایش عملکرد محصولات زراعی و به طور همزمان کاهش یا حداقل رساندن خسارات زیست محیطی اشاره داشتند. به منظور حفظ و بازسازی حاصلخیزی خاک های زراعی، نیاز به حفظ و ایجاد ماده آلی خاک مورد توجه زیادی قرار گرفته است. اگرچه ماده آلی خاک یک عامل کلیدی در سلامت خاک بر شمرد می شود، رابطه آن با عملکرد به دلیل تفاوت خاک ها در مقیاس های محلی مورد بحث و مجادله است. اولدفیلد و همکاران (۲۰۱۹) بر اساس نتایج بررسی های فراتحلیل گزارش دادند که به طور متوسط عملکرد گیاه با ماده آلی خاک رابطه مستقیم داشته و با افزایش ماده آلی خاک عملکرد گیاهان گندم و ذرت افزایش می یابند. بنابراین نتیجه گرفتند که با افزایش کربن

آلی خاک تا دو درصد، عملکرد ذرت و گندم افزایش می یافت. در حال حاضر دو سوم خاک ها در سطح دنیا کمتر از دو درصد کربن آلی دارند. در واقع با افزایش کربن آلی خاک وابستگی و اتکا به کود نیتروژن کاهش یافته و به کاهش خلاء عملکرد در سطح جهانی کمک می نماید. درصد مزبور در سطح جهانی برای ذرت و گندم به ترتیب ۷ و ۵ درصد محاسبه شده در حالی که افزایش پتانسیل عملکرد ذرت و گندم از این طریق به ترتیب ۱۰ و ۲۳ درصد گزارش شده که به معنی افزایش ۳۲ و ۶۰ درصدی عملکرد این دو گیاه می باشد. در واقع می توان نتیجه گرفت که تأثیر افزایش کربن آلی خاک در گندم در مقایسه با ذرت در افزایش پتانسیل عملکرد گندم حدود دو برابر است.

براساس گزارش کیم و همکاران (۲۰۲۰) کشت گیاهان پوششی روشی امیدبخش درکشاورزی پایدار است که با کاهش عواقب تخریب خاک می تواند سلامت خاک را افزایش دهد. از آنجایی که کشت گیاهان پوششی می تواند یک سامانه زراعی متمایز از آن را تشکیل دهد، فرضیه میکروبیوم خاک برای پاسخگویی به شرایط تغییر یافته محیط زیست مطرح شده است. با وجود تعداد فزاینده منابع اولیه بررسی رابطه بین گیاهان پوششی و میکروبیوم خاک، یک تجزیه و تحلیل کمی جامع وجود نداشته، در این تحقیق بر پایه جمع آوری نتایج ۶۰ مطالعه و فراتحلیل آن ها و گزارش اثرات گیاهان پوششی بر روی خواص میکروبی خاک برای برآورد اندازه اثر جهانی و اکتشاف چشم انداز فعلی این موضوع به طور کلی، گیاهان پوششی به طور قابل توجهی پارامترهای میکروبی خاک را افزایش دادند. همچنین فراوانی، فعالیت و تنوع میکروبی خاک به ترتیب ٪۲۷ ، ٪۲۲ و ٪۲.۵ در مقایسه با آیش زمین زراعی افزایش یافته، علاوه بر این، اندازه اثر گیاهان پوششی توسط متغیرهای کشاورزی مانند اتمام دوره آن ها یا روش خاکورزی متفاوت بودند. قابل توجه این که، اثرات گیاهان پوششی در شرایطی مانند اقلیم های با نوسانات بالای دمایی و رطوبتی، مصرف سموم شیمیایی برای خاتمه دادن به دوره رشد گیاهان پوششی و خاک ورزی حفاظتی کمتر مشخص بود. این فراتحلیل نشان داد که میکروبیوم خاک اگر به درستی با سایر روش های کشاورزی ادغام و مدیریت شود، می تواند توانمندتر عمل نماید. با این حال، برای کنترل ناهمگنی بین مطالعه ارزیابی روابط بین گیاهان پوششی و میکروبیوم خاک و با جزئیات بیشتر، هنوز تحقیقات اولیه بیشتری لازم است.

کشت گیاهان پوششی به طور عام و کشت مخلوط دوگانه یا چندگانه بذر گیاهان پوششی به طور خاص؛ عملکرد محصولات زراعی، کیفیت خاک و محیط زیست را بهبود می بخشند. گیاهان پوششی چندمنظوره بوده، بر روی کیفیت خاک ها از طریق اثر بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن ها دخالت دارند. گیاهان پوششی همچنین ماده آلی خاک را تقویت نموده و آزاد سازی عناصر غذایی از آن ها را افزایش داده، علف های هرز مزرعه را سرکوب نموده و آفات و بیماری ها را کنترل می نمایند. بنابراین بررسی پیاپی و مدیریت مناسب گیاهان پوششی به منظور دستیابی به کسب منافع کامل آن ها ضرورت دارد.

دابنی و همکاران (۲۰۱۰) در یک مجموعه به جنبه ی کمبود زیست توده ورودی به درون خاک های زراعی ناشی از اجرای عملیات کشاورزی مرسوم اشاره داشته که پیامد آن روند نزولی کاهش کیفیت، تنوع زیستی و تولید محصولات کشاورزی بود. در حالی که رومدین و همکاران (۲۰۱۹) به ترویج یکباره در اجرای یک عملیات قدیمی یعنی زراعت گیاهان پوششی در سطح دنیا به عنوان یکی از راهکارهای مهم مربوط به کشاورزی حفاظتی برای تقویت کشاورزی پایدار و ارائه دهنده خدمات اکوسیستمی اشاره داشتند.

در سال های گذشته، از جمله منافع گزارش شده (کومبز و همکاران،۲۰۱۷؛ دیوب و همکاران، ۲۰۱۴) مربوط به اثرات سودمند گیاهان پوششی شامل: خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و نیز حتی کاهش هزینه های تولید محصولات زراعی بودند. همچنین خاک های مختلف مدیریت شده با کاشت گیاهان پوششی مانند ماشک و چاودار افزایش قابل توجهی را در ظرفیت نگهداری آب و بهبود تراز آب درون خاک نشان دادند (ویلامیل و همکاران، ۲۰۰۶). شارما و همکاران (۲۰۱۸) به میزان آب قابل استفاده بیشتر برای گیاه بعدی پس از گیاهان پوششی اشاره داشتند. کشت مخلوط گیاهان پوششی با تأثیر بر نسبت کربن به نیتروژن خاک زراعی موجب تقویت ماده آلی خاک شده که پیامد آن آزاد سازی و جذب بیشتر عناصر غذایی از خاک برای محصول زراعی بعدی بود (هوبارد و همکاران، ۲۰۱۳). این موضوع در مورد عنصر حیاتی نیتروژن نیز گزارش گردید (اورایلی و همکاران، ۲۰۱۲). درواقع ترکیب و یکپارچه سازی گیاهان پوششی و کشاورزی حفاظتی در غالب سامانه های تولید پایدار محصولات زراعی می تواند به افزایش کیفیت و سلامت خاک و تولید پایدار محصولات زراعی بیانجامد (شومبرگ و همکاران، ۲۰۰۹). به گزارش ویتور و همکاران (۲۰۱۷) در شرایط کم خاک ورزی و کشت ارگانیک و زراعت گیاهان پوششی ماشک گل خوشه ای و زراعی و نیز خردل سفید، تولیدات کشاورزی از طریق افزایش عملکرد محصولات زراعی تا ۲۴ درصد بوده در حالی که با اجرای کشاورزی و خاک ورزی مرسوم افزایش عملکرد مزبور تا ۲ درصد بود.

ووکیسویچ و همکاران (۲۰۱۶) معتقدند که افزایش جمعیت های میکروبی نشانگر تقویت خصوصیات و بهره وری اکوسیستمی خاک زراعی است. همچنین کشت مخلوط گیاهان پوششی به نفع ساختمان و جمعیت های میکروبی خاک است. در بررسی بلندمدت با ورود گونه های مختلف گیاهان پوششی (تریتیکاله، چاودار، ماشک، نخود، باقلا، ترب و فیسلیا) کربن آلی خاک افزایش یافته و موجب تحریک معنی دار فراوانی و تنوع میکروبی خاک شد (اشمیت و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین، فعالیت های اسید چرب فسفولیپید مربوط به باکتری ها و آنزیم ها در خاک های زیرکشت گیاهان پوششی مخلوط یولاف با ترب و مخلوط ترب با ماشک به ترتیب ۶/۸ و ۲۰ درصد افزایش نشان دادند (چواریا و همکاران، ۲۰۱۶). اگرچه، علیرغم اثرات سودمند بسیار ناشی از ورود گیاهان پوششی در نظام های زراعی، مورد استقبال گسترده قرار نگرفته اند (مندز و همکاران، ۲۰۱۳). مدیریت نادرست گیاهان پوششی می تواند اثرات تعیین کننده ای را بر گیاهان اصلی پس از آن ها مانند

رقابت بر سر آب و عناصر غذایی، شیوع بیماری ها و کاهش سرعت جوانه زنی داشته باشد (استیپسوسچ و کلادیوکو، ۲۰۰۵؛ توروپکریستنسن و همکاران، ۲۰۰۳)، لیکن مزایای بیشتری را برای گیاهان پوششی نسبت به معایب آن ها گزارش نموده اند (میگز و بولرو، ۲۰۰۵؛ سارانتونیو و گالانت، ۲۰۰۸). نگارنده معتقد است سعی در ایجاد انطباق گیاهان پوششی با اقلیم هدف و قرار دادن آن ها درون تقویم زراعی از جنبه های مختلف تاریخ کاشت، تاریخ به زیر خاک بردن و نیز مدیریت مطلوب نهاده ها، می تواند نیل به اهداف کلان اقتصادی و اکوسیستمی مربوط به چالش های کنونی زراعت آبی را میسر سازد. طراحی و انتخاب ارقام مناسب گیاهان پوششی در کشت مخلوط بذر، میزان بذر مناسب و دوره زمانی مناسب برای کاشت، مرحله و روش های مناسب برای اتمام رشد آن ها از جمله نیازهای مربوط به زراعت موفق گیاهان پوششی هستند (آلونسو آیوسو، ۲۰۱۴؛ وورتمن و همکاران، ۲۰۱۳). اطلاعات کمی در زمینه اثر مدیریت های زراعی بر گیاهان پوششی از نظر کیفیت خاک موجود است. انتخاب گیاه پوششی مناسب به مواردی از جمله توانایی آن ها در استقرار آسان، رشد سریع برای پوشش دهی خاک، تولید زیست توده کافی در کمترین زمان برای حفظ بقایا، مقاومت در برابر آفات و بیماری ها و عدم میزبانی آفات و بیماری ها برای گیاه پس از خود، خاتمه دادن آسان به رشد آن ها و دارا بودن توجیه اقتصادی مربوط است (ریوز و همکاران، ۱۹۹۴).

براساس نتایج تحقیق منتشر نشده مهرور و همکاران (۱۳۹۹) بر روی کشت گیاهان پوششی در تابستان با بهره گیری از شانزده گیاه زراعی تابستانه و زمستانه، واکنش های متفاوتی مشاهده گردیده که برخی گیاهان زمستانه علیرغم تولید زیست توده کمتر و رشد محدودترآن ها نسبت به گیاهان تابستانه می توانند تأثیرات قابل توجهی را بر خصوصیات خاک برجای گذارند که نمود عینی آن افزایش عملکرد گندم پس از برخی از آن ها بوده به طوری که بیشترین عملکرد دانه گندم آبی پس از کشت و به زیر خاک بردن گیاه پوششی یولاف زراعی(در یک دوره شصت روزه) به دست آمده که به نظر می رسد این منافع به طور غالب به وقایع درون خاک منطقه رایزوسفر در مجاورت ریشه های گسترده گیاه پوششی یادشده از طریق تولید بالای زیست توده ریشه (بالک کوم و همکاران، ۲۰۱۵) و ترکیبات کربن دار، آزاد ساختن ترشحات سودمند، تشکیل شبکه قارچی مایکورایزال آربوسکولار درون خاک و یا استخراج بهتر نیتروژن مازاد درون خاک توسط ریشه که برای گندم پس از آن قابل جذب و استفاده است، مربوط باشد (دابنی و همکاران، ۲۰۱۰؛ کوامادا و همکاران، ۲۰۱۳؛ بلانکوکنکی و همکاران، ۲۰۱۵). براساس گزارش هیوبر (۲۰۲۰) گزارشات زیادی مبنی بر بهبود عملکرد گیاهان زراعی کشت شده پس از یولاف وجود دارند. این موضوع نه تنها در افزایش مقاومت گیاه میزبان در برابر بیماری مشاهده گردیده، بلکه افزایش عملکرد نیز به دلیل افزایش در دسترس بودن عنصر منگنز خاک، که باعث افزایش عملکرد تولید مثل گیاهان (و حیوانات) می شود، کاملاً معمول است. وی معتقد است که این موضوع ممکن است به پروفایل متابولیت های درون خاک و تبدیل اثر اکسایشی محیط اکسیداسیون-احیای درون خاک به اثر احیاکنندگی یولاف مربوط باشد.

براساس گزارش یو و همکاران (۲۰۲۴) استفاده از کودهای آلی مانند کودسبز (گیاهی) یک راهبرد مهم برای کشاورزی پایدار است. منبع بیولوژیکی کودهای آلی ویژگی های عملکردی خاص آنها را تعیین می کند، اما مطالعات کمی به طور سیستماتیک این عملکردها را بررسی کرده اند یا خطر سلامت آنها را برای اکولوژی خاک ارزیابی کرده اند. برای پر کردن این شکاف، داده‌های توالی‌یابی آمپلیکون ژن ۱۶ S rRNAرا از ۶۳۷ نمونه خاک که با کودهای آلی مشتق شده از گیاه و حیوان (از این پس کودهای گیاهی و کودهای حیوانی اصلاح شده بودند) تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد که کودهای حیوانی تنوع میکروبیوم خاک را افزایش دادند، در حالی که کودهای گیاهی پایداری جامعه میکروبی خاک را حفظ کردند. آزمایش‌های Microcosm تأیید کردند که کودهای گیاهی برای رشد ریشه گیاه و افزایش مسیرهای چرخه کربن مفید هستند، در حالی که کودهای حیوانی مسیرهای چرخه نیتروژن را غنی می‌کنند. در مقایسه با کودهای حیوانی، کودهای گیاهی دارای فراوانی کمتری از عوامل خطر مانند ژن‌های مقاومت آنتی‌بیوتیکی و ویروس‌ها هستند. در نتیجه، کودهای گیاهی ممکن است برای کاربرد طولانی مدت در کشاورزی مناسب تر باشند. این کار راهنمایی برای انتخاب کود آلی از منظر میکرواکولوژی خاک ارائه می‌کند و توسعه پایدار کشاورزی ارگانیک را ترویج می‌کند.

در واقع مرور منابع مرتبط با موضوع این تحقیق نشان می دهند که سامانه کشت پوششی (کودسبز) با انجام رشد گیاهان در خارج از فصل با باقی گذاردن زیست توده شان در مزرعه و دردرون خاک زراعی مزایای مختلفی برای اکوسیستم زراعی تحت عنوان خدمات متنوع به زیست بوم، از جمله کاهش فرسایش خاک، تشکیل مواد آلی در خاک (SOM)، مهار علف‌های هرز و عوامل بیماریزا و مدیریت عناصر غذایی در بر دارند.

۱- بیان مسئله

۱-۲- اهمیت و ضرورت (از ابعاد فنی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و ...):

۲-۲- هدف / اهداف:

اهداف پروژه

۱. بررسی مقایسه ای اثرات کشت مخلوط دوگانه افزایشی بذرگیاهان پوششی کود سبز بر برخی صفات کمی و کیفی گندم آبی
۲. بررسی مقایسه ای اثرات کشت مخلوط دوگانه افزایشی بذرگیاهان پوششی کود سبز بر فنولوژی و فیزیولوژی گندم آبی

۳. مقایسه عملکرد و کیفیت گندم بدست آمده از سال های اجرای آزمایش تحت تأثیر کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کود سبز

۳- مواد و روش‌ها

این تحقیق طی دو سال زراعی(۰۲-۱۴۰۰) در مزرعه تحقیقاتی چمن بخش تحقیقات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با موقعیت طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی، با میانگین ساعات آفتابی ۲۸۴۴ ساعت، ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا و میزان بارندگی سالیانه ۲۴۳ میلی متر درخاک آلوویال با بافت لومی رسی به اجرا در آمد. به طورکلی اقلیم معتدل سرد با توجه به دوری و نزدیکی به کویر و ارتفاعات دارای شرایط آب و هوائی بسیار متفاوت و متغیر می باشد، ولی عموماً دارای آب و هوای معتدل با زمستان سرد و ملایم و تابستانهای نسبتا گرم می باشد. متوسط حداقل دما در این اقلیم از ۷- تا ۱۵- درجه سانتیگراد متغیر بوده و تعداد روزهای یخبندان آن نیز بین یک تا دو ماه متغیر می باشد. خاک محل اجرای آزمایش لومی از نوع خاک های آبرفتی (آلوویال) است و میزان درصد کربن آلی خاک آن به دلیل اجرای آزمایش چهارساله پیشین از ۰.۴۵ درصد در سال اول به ۰.۸۱ درصد به ۰.۸۱ افزایش یافته و این تحقیق نیز در راستای افزایش کربن آلی خاک در کنار افزایش عملکرد دانه گندم و بهبود کیفی آن به اجرا در آمد.

پژوهش حاضر به بررسی زراعی و اقتصادی اثر کشت مخلوط دو گانه و نسبت بذر گیاهان پوششی کود سبز بر صفات گندم رقم بهاران شامل بهره وری، کیفیت دانه در کرج پرداخت. اهداف گیاهان پوششی کود سبز در نظر گرفته شده برای تحقیق حاضر در موارد مهم ذیل خلاصه می شوند: الف- گیاهان تولید کننده ی بیوماس کم یا زیاد ناشی از سرعت رشد متفاوت آن ها ب- مهار علف های هرز گندم پس از خود ج- تثبیت نیتروژن د- نیاز آبی و تحمل به خشکی متفاوت ه- با مراجعه به متن پروپوزال مدت زمان سه و نیم ماه یا ۱۴ هفته ای (اول تیر تا اواسط مهرماه و دو هفته پیش از کاشت بذر گندم) برای مدیریت گیاهان قبل از گندم (شخم کود سبز تیمارهای آزمایشی) در نظر گرفته شد. طبق مفاد پروپوزال، گیاهان پوششی کود سبز در تابستان هر سال زراعی پیش از گندم در همان زمین زراعی کشت و مدیریت شدند. مدت زمان کاشت تا برداشت تمامی گیاهان پوششی ثابت در نظر گفته شده، تاریخ کاشت اواسط مردادماه و تاریخ اتمام رشد اواخر نیمه دوم مهرماه است. البته برخی گیاهان گیاهان پوششی کود سبز تابستانه انتخاب شده مانند ارزن علوفه ای نیز در راستای کمک به پایداری نظام زراعی در شرایط کمبود آب انتخاب شدند. تیمارهای آزمایشی کشت مخلوط دو گانه وخالص بذر گیاهان پوششی کود سبز براساس نتایج پیشین مربوط به دو سال اجرای پروژه قبلی و بیشترین ضریب تأثیر آن ها بر عملکرد دانه گندم انتخاب شده اند. اجرای تحقیق حاضر با استفاده از طرح آماری کرت های یکبار خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی در ۴۵ تیمار اول، کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کود سبز تابستانه شامل ۱- یولاف – شبدر لاکی ۲-

یولاف- کلزا ۳- یولاف – ماش ۴- یولاف-گلرنگ ۵-یولاف-ماشک ۶- شبدر لاکی-کلزا ۷- شبدر لاکی - ارزن ۸- شبدر لاکی-گلرنگ ۹- کلزا-ارزن ۱۰- کلزا- گلرنگ ۱۱- کلزا-شبدر برسیم ۱۲- سورگوم دانه ای- شبدر لاکی ۱۳- سورگوم دانه ای-ماش ۱۴- سورگوم دانه ای- شبدر برسیم ۱۵- ارزن – ماش به همراه نه تیمار کشت خالص یولاف، شبدر لاکی، کلزا، ماش، گلرنگ، ماشک، ارزن، شبدر برسیم و سورگوم دانه ای و نیز تیمار آیش تابستانه و در سه تکرار اجرا خواهد شد . تیمار دوم، سری های جایگزینی نسبت های بذر کشت مخلوط دوگانه شامل ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۷۵:۲۵ با کشت های خالص (۱۰۰ درصد) و آیش تابستانه بررسی و مقایسه می شوند. شروع تحقیق با کاشت گیاهان پوششی در مردادماه ۱۴۰۰ می باشد که کشت گندم تحت تأثیر کشت مخلوط بذر گیاهان پوششی در کرت های ثابت و دائمی قرار خواهند گرفت. صفات مورد اندازه گیری عملکرد دانه، کاه، بیوماس و اجزای عملکرد گندم؛ تعیین بیوماس گیاهان پوششی؛ شاخص NDVI و تعیین شاخص های مربوط به کیفیت نان می باشند آزمایش شامل ۱۶۵ واحد آزمایشی هر یک به مساحت ۸۱/۶ متر مربع در ابعاد ۴/۸ متر عرض و ۱۷ متر طول با مساحت کل تمامی کرت های آزمایشی ۱۳۴۶۴ متر مربع (بدون در نظر گرفتن راهروها و خیابان ها) می باشد. شروع این تحقیق از ابتدای تابستان ۱۴۰۰ با آماده سازی زمین زراعی و بذور تیمارهای آزمایشی و پیاده سازی تیمارهای کشت مخلوط دو گانه بذر گیاهان پوششی کود سبز در نسبت های مربوط به سری های جایگزینی و مدیریت آن ها همراه با یادداشت برداری های لازم تا اواخر مهرماه ادامه یافته، کشت پاییزه گندم در آبان ماه هر دو سال زراعی (پس از اتمام دوره رشد گیاهان پوششی کود سبز و با به زیر خاک بردن آن ها و با فاصله زمانی دو تا سه هفته ای) براساس تراکم بذر ثابت ۵۰۰ بذر در متر مربع براساس وزن هزار دانه آن رقم برای کلیه واحدهای آزمایشی انجام پذیرفت. گیاهان پوششی کود سبز مورد بررسی در این تحقیق در شرایط سبز و یا در شروع به گل رفتن با استفاده از دستگاه هرس بشقابی به زیر خاک رفته تا بتوانند اثرات مثبت و یا منفی خود را بر ویژگی های مورد بررسی در گندم آبی نمایان سازند. همچنین براساس دوره رشد تقویمی، یک سال زراعی برای گیاه گندم آبی از اوایل آبان ماه شروع و تا آخر خرداد ماه سال آتی ادامه داشته و حدود هشت ماه از یک سال زراعی را در بر می گیرد. در حالی که پس از یک دوره آیش کوتاه مدت حدود یک ماه و نیم، برای تمامی گیاهان پوششی کود سبز مورد بررسی مدت زمان دو ماه یعنی از اواسط مردادماه تا اواسط مهرماه سال زراعی برای کاشت تا برداشت هر یک از این محصولات پوششی در نظر گرفته شدند. این دوره آیش کوتاه مدت پیش از کاشت گیاهان پوششی به دلایلی از جمله صرفه جویی در آب مصرفی آبیاری (عدم مصرف آب در اوج گرمای تابستان در گیاهانی مانند ذرت)، سرکوب غیرشیمیایی علف های هرز مزرعه و شکستن سیکل آفات و بیماری ها در گیاهان پوششی و نیز گندم است. موضوع دیگر این که گیاهان پوششی کود سبز مورد بررسی در این تحقیق به دلیل دارا بودن مزیت هایی مانند چندچینه بودن و نیز تثبیت بیولوژیکی نیتروژن هم به منظور حفاظت خاک و هم به منظور تأمین علوفه دام و یا فروش چین برداری اول و یا حتی دوم به اقتصاد کشاورز کمک نموده در حالی که برخی انواع

دیگر گیاهان پوششی کود سبز به دلیل بهره گیری از مکانیسم فتوسنتزی C4، توانایی تولید حجم بالایی از بیوماس را دارا می باشند که مخلوط آن ها می تواند در اشکال شخم کود سبز، چرای مستقیم دام و یا تأمین علوفه سبز، سیلویی و یا خشک به اقتصاد کشاورز کمک نمایند. بنابراین به دلیل ثابت در نظر گرفته شدن مدت زمان اشغال زمین توسط هر یک از این گیاهان پوششی کود سبز می توان به برنامه ریزی بهتر و تعیین نقاط ضعف و قوت هر یک از این گیاهان پوششی کود سبز پرداخت. بدین منظور هدف اصلی این است که در حالی که کشت مخلوط دو گانه بذر گیاهان پوششی کود سبز حداکثر بهره گیری از منابع و نهاده ها را داشته باشند، ولی مشکلاتی را برای گیاه اصلی گندم پس از خود به وجود نیاورند. بنابراین نسبت به برداشت آن ها حداکثر تا اوایل دوره به گل رفتن توجه گردیده و تاریخ های تمهیدات مدیریتی و مربوط به عملیات کاشت، چین برداری، مصرف احتمالی سموم و کود، آبیاری و برداشت مدیریت می شوند. بدین منظور و با هدف بررسی اثرات هر یک از تیمار های آزمایشی شامل کشت مخلوط دو گانه بذر گیاهان پوششی کود سبز بر بهره وری و کیفیت گندم آبی در اوایل آبان ماه هر سال زراعی، آماده سازی زمین زراعی شامل شخم، دیسک، کوددهی بر اساس توصیه کودی مؤسسه تحقیقات خاک و آب و با توجه به آزمون خاک و میزان عناصر پر مصرف و کم مصرف در خاک، کوددهی پایه نیتروژن از منبع اوره در هر کرت انجام و پس از آن اقدام به در آوردن جوی - پشته بود. در این تحقیق مخلوط بذر تمامی گیاهان پوششی کود سبز و بذر گندم آبی با سم مناسب ضد عفونی شده و بر اساس وزن هزار دانه و نیز با رعایت نسبت مخلوط بذر ۵۰ درصد برای هر گیاه پوششی اقدام به کشت آن با استفاده از خطی کار آزمایشی غلات می شود. پس از کاشت بذور اقدام به آماده سازی خطوط کاشت مربوط به هریک از کرت ها جهت آبیاری یکنواخت مزرعه شده و آبیاری های بعدی به صورت نشتی و بر اساس نیاز آبی گیاه انجام پذیرفت.

توضیح این که در سال اول اجرای آزمایش پس از به زیر خاک بردن گیاهان پوششی در چهارشنبه ۲۸ مهر ماه ۱۴۰۰ قرار شد براساس وزن هزار دانه ۴۱.۴ گرم گندم رقم بهاران با احتساب قوه نامیه ۰.۸۵ درصد و پرت بذر ۱۰ درصد و نیز درصد استقرار کمتر گندم دردرون بقایای گندم به میزان ۲۰ درصد اقدام به کاشت بذر گندم شده براین اساس میزان بذر کمی کمتر از ۱۲۰ کیلوگرم در سطح خالص ۴۶۳۷ متر مربعی آزمایش در تاریخ ۱۸ آبان ۱۴۰۰ کاشت آن با استفاده از بذرکار آزمایشی وینتراشتایگر در واحدهای آزمایشی انجام پذیرفت. در واقع یکی از مشکلات کاشت گندم در داخل بقایای قبلی سوکی بودن موزع آن بذرکار است که در صورت تغییر یافتن به موزع های دوبشقابی به راحتی و با استقرار سبز بیشتر گندم در مزرعه روبرو خواهیم شد. در حالی که به نظر می رسد که نیاز است از چرخ فشار با نصب آن بر روی بذرکار آزمایشی به طور خاص در شرایط کاشت بذر گندم درون بقایای گیاه قبلی نیز بهره برد.

در این بررسی علاوه بر تجزیه خصوصیات خاک، کربن آلی و وزن مخصوص خاک در هر دو سال زراعی براساس پروتکل های مندرج در روش تحقیق اندازه گیری خواهند شد. درصد کربن آلی خاک یا میزان اتلاف کربن خاک با استفاده از

روش LOI (Loss on ignition) استاندارد شده (هوگستین و همکاران، ۲۰۱۵) پس از حرارت دادن آن با کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد به مدت سه ساعت و چرخش نمونه خاک در میانه مرحله حرارت دهی و نیز حداقل وزن نمونه ۲۰ گرم با بررسی تغییرات وزن اولیه و وزن پس از حرارت دهی، انجام پذیرفته سپس با استفاده از ضریب ۱.۷۲۴ به ماده آلی خاک تبدیل شد.

وزن مخصوص خاک (به گرم بر سانتی متر مربع) براساس نسبت وزن خشک نمونه خاک با استفاده از دستگاه مایکرویو (پس از ثابت شدن وزن نمونه خاک در دوره های خشک سازی ۲ تا ۴ دقیقه ای)، وزن و حجم همان نمونه محاسبه شده از ضرب آن در عمق نمونه برداری (سانتی متر (و نیز غلظت کربن کل (گرم بر کیلوگرم خاک) پس از تبدیل درصد کربن آلی خاک به آن، میزان انباشت کربن آلی خاک محاسبه شد.

داده های بدست آمده از اجرای پروژه در دو سال زراعی با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS و SPSS تجزیه واریانس ساده و مرکب شده، سپس بر اساس نتایج اقدام به مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون مقایسه میانگین چند دامنه دانکن شد.

پیش از برداشت نهایی گندم نیز اقدام به تهیه نمونه گیاهی از سطح دو کوآدرات ۷۲ هزارم مترمربعی از هر یک از واحدهای آزمایشی شده و اجزای عملکرد دانه شامل وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در واحد سطح تعیین می شوند. همچنین پیش از برداشت با حذف دو پشته طرفین و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت، برداشت نهایی با استفاده از کمباین آزمایشی انجام پذیرفت. پس از توزین کیسه های بذر مربوط به هر کرت اقدام به تهیه نمونه یک کیلوگرمی از هر یک از آنها شده که جهت تجزیه های کیفی به آزمایشگاه شیمی و تکنولوژی غلات ستاد بخش تحقیقات غلات ارسال شدند.

۳-۱- زمان و موقعیت محل اجرای آزمایش

تیرماه ۱۴۰۰ تا پایان آذرماه ۱۴۰۲

۳-۲- خاک و آب و هوا

جدول ۱. خصوصیات خاک و آب و هوای محل اجرای آزمایش

عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریاهای آزاد (متر)	بارش های جوی (میلی متر)	نوع خاک	میانگین ساعت آفتابی
۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه	۵۱ درجه و ۶ دقیقه	۱۳۲۰	متوسط سال ۴۰۱-۱۴۰۰: ۲۵۱.۲	لوم	۲۸۴۴.۱
			متوسط سال ۴۰۲-۱۴۰۱: ۲۶۷.۳		
			میانگین بلندمدت ۳۷۳.۵		

۳-3- مشخصات طرح آزمایش

۳-٤- عملیات اجرایی

۱-٤-۳- آماده‌سازی زمین: عدم برگردان نمودن خاک زراعی با حذف کامل گاوآهن برگردان دار، اجرای عملیات دوبار کم خاک ورزی در طول کشت های فصول گرم و سرد سال به شکل خاک ورزی عمودی و کم عمق به جای خاک ورزی افقی تنها با استفاده از دستگاه هرس بشقابی

۲-٤-۳- عملیات کاشت، داشت، برداشت

تاریخ کاشت بذر گیاهان پوششی کودسبز: ۱۵ مرداد ۱۴۰۱

تاریخ به زیر خاک بردن بیوماس گیاهان پوششی کودسبز: اواخر دهه دوم مهرماه با فاصله زمانی سه هفته از تاریخ کاشت گندم در دهه دوم آبان

۳-۵- نمونه‌برداری در زمان برداشت گندم انجام پذیرفت.

۳-٦- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و Genstat و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نمودارهای مربوط به مقایسات میانگین هر صفت نیز توسط نرم‌افزار Excel ترسیم گردید.

همچنین به منظور تکمیل نتایج مربوط به بررسی های اقتصادی تیمارهای مختلف، از تکنیک بودجه بندی جزئی استفاده خواهد شد. در این روش با جمع آوری اطلاعات مزرعه ای؛ اقتصادی و غیر اقتصادی بودن هر یک از تیمارها و جایگزینی آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت و بهترین تیمار (ها) از لحاظ زراعی و اقتصادی انتخاب شدند.

در پروژه حاضر به منظور تحلیل اقتصادی از شاخص های سودآوری درآمد ناخالص و خالص، درصد بازده فروش و درصد بازگشت سرمایه استفاده شد. درآمد ناخالص حاصلضرب عملکرد محصول در قیمت فروش محصول و درآمد خالص حاصل اختلاف ارزش ناخالص و هزینه های تولید محصول تولیدی در تیمارهای مختلف می باشد. بازده فروش که حاصل نسبت میزان سود حاصل از کشت تیمار به ارزش ناخالص محصول تولیدی است، نشان می دهد به ازای یک ریال فروش محصول در تیمار، چند درصد سود حاصل می گردد. درصد بازگشت سرمایه که حاصل نسبت میزان سود حاصل از کشت تیمار به هزینه محصول تولیدی است، نشان می دهد به ازای یک ریال هزینه تولید محصول در تیمار، چند درصد سود حاصل می گردد. جهت محاسبه درآمد ناخالص، درآمد خالص، درصد بازده فروش محصول و درصد بازگشت سرمایه از روابط زیر استفاده گردید.

$$GI = yield \times Py \quad (1)$$

$$NI = GI - TVC \quad (2)$$

$$SRP = (NI / GI) \times 100 \quad (3)$$

$$IRP = (NI / TVC) \times 100 \quad (4)$$

به طوری که:GI : درآمد ناخالص تولید محصول در تیمار ، NI : درآمد خالص تولید محصول در تیمار ، yield : عملکرد محصول، Py قیمت فروش محصسول، TVC هزینه های متغیر تولید محصول در تیمار، SRP درصد بازده فروش محصول تولیدی و IRP درصد بازگشت سرمایه می باشند.

آزمایش حاضر دارای ۲۸ تیمار بود که ۷ تیمار کشت خالص کود سبز شامل: یولاف، ماشک گل خوشه ای، شبدر برسیم، کلزا بهاره، گلرنگ بهاره، ارزن علوفه ای شمعی و ماش و ۱۹ تیمار کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کود سبز تابستانه شامل یولاف – شبدر برسیم، یولاف- کلزا، یولاف – ماش، یولاف-گلرنگ، یولاف-ماشک، کلزا-ماش، کلزا-ماشک، گلرنگ-ماش، کلزا-ارزن علوفه ای، ماش-ماشک، کلزا-شبدر برسیم، ماش-شبدر برسیم، گلرنگ-ماشک، گلرنگ-ارزن علوفه ای، گلرنگ-شبدر برسیم، ارزن علوفه ای-ماش، ماشک-ارزن علوفه ای، ماشک-شبدر برسیم، ارزن علوفه ای-شبدر برسیم، آیش-گندم و کود دامی-گندم در سه تکرار با مجموع ۸۴ واحد آزمایشی اجرا شد. نسبت های بذری شامل در کشت های مخلوط دوگانه بذر به ترتیب در گیاهان اول و دوم به شرح زیر بود. برای تیمارهای شماره ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۸، ۲۰، ۲۲، ۲۳ و ۲۶ نسبت بذری به ترتیب ۳۰ درصد برای گیاه اول و ۷۰ درصد برای گیاه دوم و تنها برای تیمار ۲۴ نسب بذری به ترتیب ۷۰ و ۳۰ درصد بود. برای تیمارهای ۹، ۱۱، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۱ و ۲۵ نسبت بذری به ترتیب برای هردوی گیاهان اول و دوم ۵۰ درصد بود. آزمایشات با کاشت گیاهان پوششی در مردادماه ۱۴۰۰ شروع شد به طوری که کشت گندم تحت تأثیر کشت مخلوط بذر گیاهان پوششی در کرت های ثابت و دائمی قرار گرفتند.

هزینه های کشت کودهای سبز شامل هزینه آماده سازی زمین توسط هرس بشقابی، هزینه های کاشت (بذر و بذرکاری)، هزینه داشت (آب و آبیاری) ، هزینه برگرداندن کود سبز به زمین با هرس بشقابی) بوده است. هزینه های کشت گندم هم شامل هزینه های متداول آماده سازی زمین، کاشت، داشت، برداشت و جمع آوری محصول به عنوان هزینه های متغیر تولیدی و هزینه های بیمه محصول و اجاره زمین به عنوان هزینه های ثابت تولیدی بوده است. قیمت تضمینی فروش گندم در سال های آزمایش ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ بترتیب ۱۱۵۰۰۰ و ۱۷۵۰۰۰ ریال هر کیلو در نظر گرفته شد. کود دامی ۳۰ تن در هکتار و هزینه هر تن در سال اول و دوم آزمایش بترتیب ۲۵ و ۳۰ میلیون ریال در هکتار در نظر گرفته شد.

۴-نتایج و بحث

٤-۱ نتایج سال اول

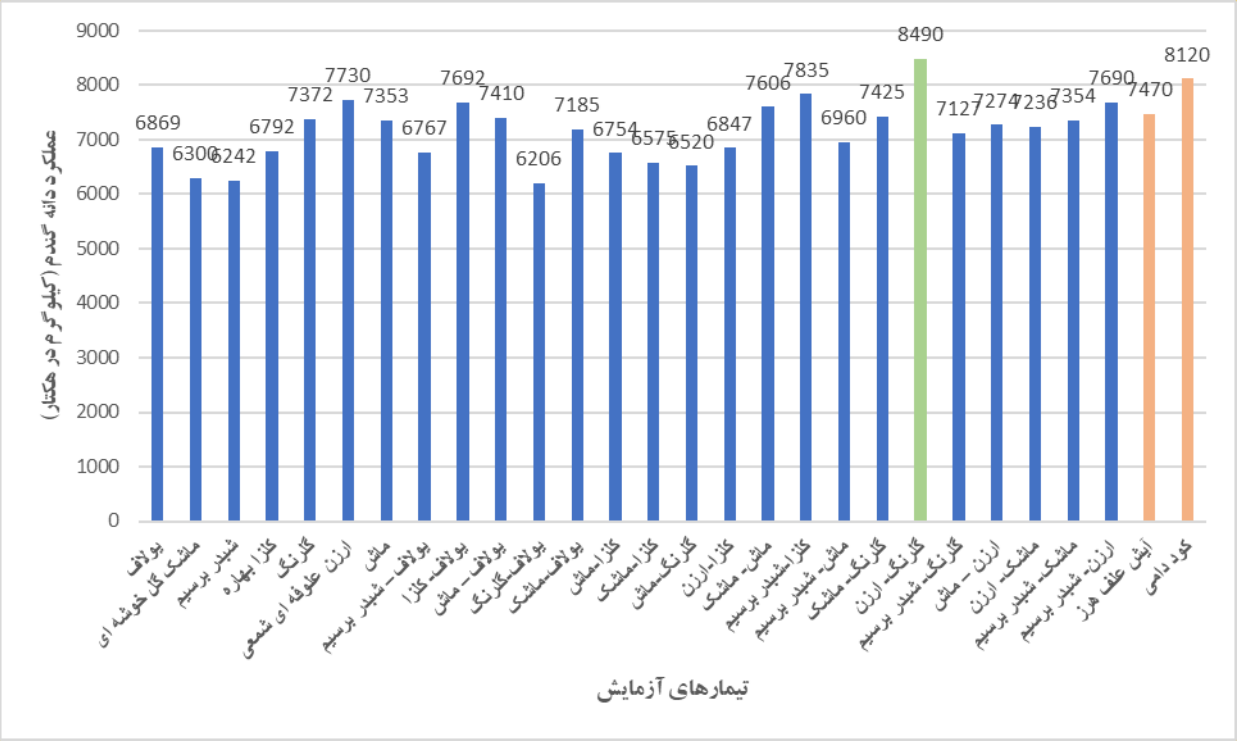
براساس نتایج تجزیه واریانس جدول۲ در سال زراعی اول اثر گیاهان پوششی بر عملکرد دانه گندم معنی دار نبوده، ضریب تغییرات عملکرد دانه گندم: ۱۴/۴ درصد، کمترین تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد: ۱۶۹۶ کیلوگرم در هکتار، خطای معیار میانگین تیمارهای آزمایشی: ۵۹۸/۲ کیلوگرم در هکتار، خطای معیار تفاوت میانگین ها: ۸۴۵/۹ کیلوگرم در هکتار بودند. همچنین نتایج مقایسه و بررسی میانگین عملکرد دانه گندم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی نشان داد که: میانگین کل عملکرد دانه گندم ۷۱۸۶ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین عملکرد دانه گندم پس از کشت مخلوط گلرنگ - ارزن

علوفه ای به میزان ۸۴۹۰ کیلوگرم در هکتار بود. کمترین عملکرد دانه گندم پس از کشت مخلوط یولاف - گلرنگ به میزان ۶۲۰۶ کیلوگرم در هکتار بود. تفاوت بین بیشترین و کمترین عملکرد دانه گندم ۲۲۸۴ کیلوگرم در هکتار (بر اساس قیمت هر کیلوگرم گندم ۱۱۵ هزار ریال در سال ۱۴۰۰)، ۲۶۲۶۶۰ هزار ریال بود. تفاوت بیشترین عملکرد دانه گندم تا میانگین کل ۱۳۰۴ کیلوگرم در هکتار و براساس قیمت ۱۱۵۰۰۰ ریال معادل ۱۴۹۹۶۰۰۰۰ ریال بود. تیمار گلرنگ - ارزن حتی از تیمار کود دامی نیز به میزان ۳۷۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه گندم بیشتری داشت. کمترین تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد، ۱۶۹۶ کیلوگرم در هکتار بود. بر این اساس تیمارهای ۲۱، ۲۸، ۱۸، ۶، ۹، ۲۶، ۱۷، ۲۷، ۲۰، ۱۰، ۵، ۲۵ ۷، ۲۳، ۲۴، ۱۲، ۲۲، ۱۹، ۱ و ۱۶ در کلاس مشترک آماری A قرار داشتند.

تیمارهای ۲۱ (گلرنگ - ارزن علوفه ای)، ۲۸ (کود دامی) و۱۸ (کلزا - برسیم) بیشترین عملکرد دانه گندم را داشتند. در ۱۳ تیمار از مجموع ۲۸ تیمار مورد بررسی، عملکرد دانه گندم کمتر از میانگین کل بود.

جدول ۲. تجزیه واریانس تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه گندم رقم بهاران در سال اول

	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	سطح معنی داری
سال اول	**تیمار (کشت خالص، مخلوط، آیش علف هرز و مصرف کود دامی)**	۲۷	۹۴۵۱۶۹	0.633^{ns}
	خطا	۵۴	1073356	
	کل	۸۳	مجموع مربعات۸۵۰۴۳۰۵۷	



شکل ۱. عملکرد دانه گندم پس از کشت مخلوط و خالص بذر گیاهان پوششی کود سبز، آیش علف هرز و کود دامی در سال اول آزمایش

نتایج سال دوم

میانگین عملکرد دانه گندم و نیز شماتیک تأثیر تیمارها برصفات وزن بیوماس و کاه و نیز اجزای عملکرد دانه گندم در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ (سال دوم اجرای پروژه) پس از اجرای تیمارهای کشت خالص، کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کودسبز و نیز تیمارهای شاهد آیش تابستانه و کوددامی در سال زراعی دوم به شرح جدول ۳ و شکل ۲ می باشند.

جدول۳. تجزیه واریانس عملکرد دانه گندم در سال های آجرای آزمایش

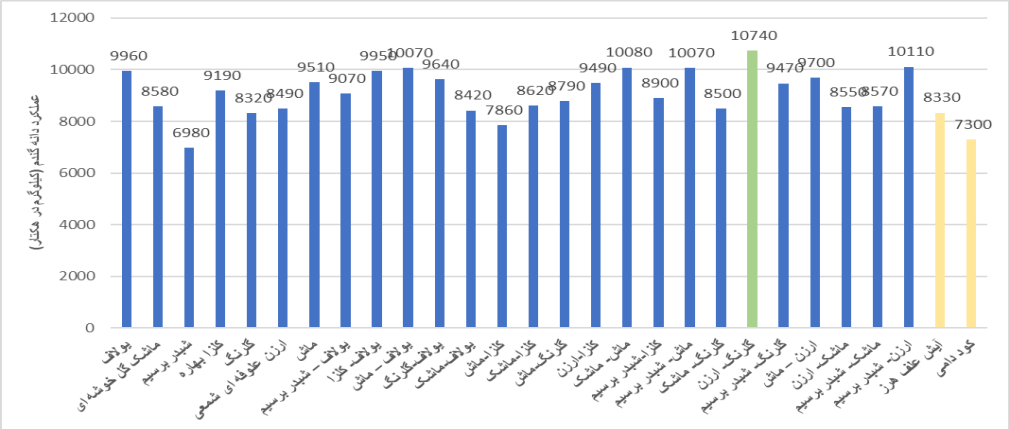
	منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	سطح معنی داری
سال دوم	**تیمار (کشت خالص، مخلوط، آیش علف هرز و مصرف کود دامی)**	۲۷	۲.۴۷۱	۰.۱۶۴^{ns}
	خطا	۵۶	۱.۸۱۶	
	کل	۸۳	مجموع مربعات ۱۶۸.۴۳۳	

جدول ۴. عملکرد دانه گندم آبی رقم بهاران پس از گیاهان پوششی کودسبز -سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱

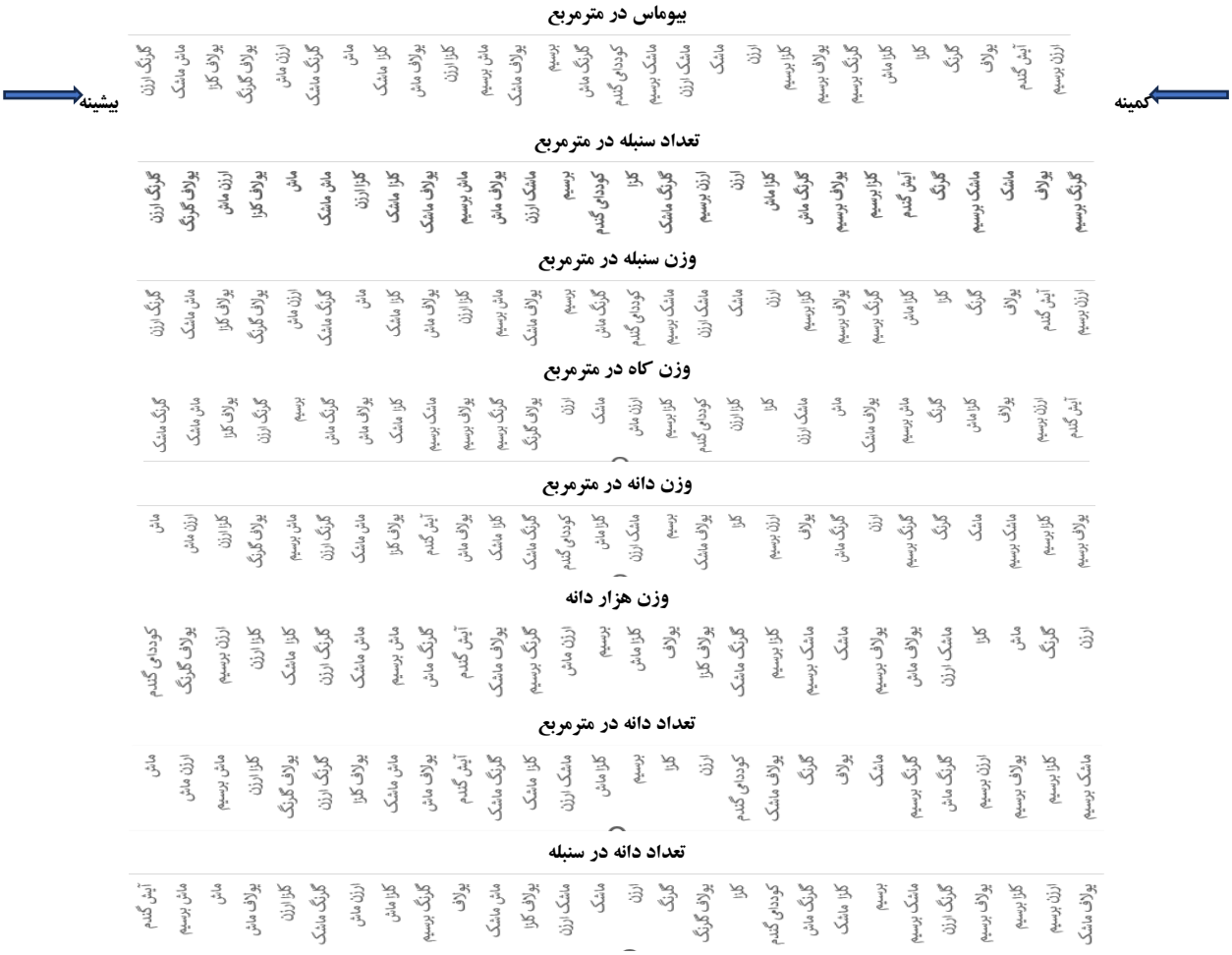
تیمار گیاه پوششی کودسبز	عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار)	تیمار گیاه پوششی کودسبز	عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار)	تیمار گیاه پوششی کودسبز	عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار)	تیمار گیاه پوششی کودسبز	عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار)
۱ یولاف زراعی	۹۹۶۰	۸ یولاف - برسیم	۹۰۷۰	۱۵ گلرنگ - ماش	۸۷۹۰	۲۲ گلرنگ-برسیم	۹۴۷۰
۲ ماشک گل خوشه ای	۸۵۸۰	۹ یولاف - کلزا	۹۹۵۰	۱۶ کلزا - ارزن	۹۴۹۰	۲۳ ارزن- ماش	۹۷۰۰
۳ شبدر برسیم	۶۹۸۰	۱۰ یولاف - ماش	۱۰۰۷۰	۱۷ ماش - ماشک	۱۰۰۸۰	۲۴ ماشک - ارزن	۸۵۵۰
۴ کلزا	۹۱۹۰	۱۱ یولاف-گلرنگ	۹۶۴۰	۱۸ کلزا - برسیم	۸۹۰۰	۲۵ ماشک - برسیم	۸۵۷۰
۵ گلرنگ	۸۳۲۰	۱۲ یولاف-ماشک	۸۴۲۰	۱۹ ماش - برسیم	۱۰۰۷۰	۲۶ ارزن - برسیم	۱۰۱۱۰
۶ ارزن علوفه ای	۸۴۹۰	۱۳ کلزا - ماش	۷۸۶۰	۲۰ گلرنگ - ماشک	۸۵۰۰	۲۷ آیش - گندم	۸۳۳۰
۷ ماش	۹۵۱۰	۱۴ کلزا - ماشک	۸۶۲۰	۲۱ گلرنگ-ارزن	۱۰۷۴۰^{x}	۲۸ کوددامی - گندم	۷۳۰۰

میانگین عملکرد دانه گندم در کل آزمایش: ۹۰۲۰ کیلوگرم در هکتار؛ کمترین تفاوت معنی دار (LSD5%): ۲۳۳۸ کیلوگرم در هکتار، ^{X} دارای تفاوت معنی دار آماری با تیمارهای شاهد اول و دوم

براساس جدول ۴ تیمارهای برتر به ترتیب از بیشترین به کمترین عملکرد دانه گندم در سال دوم (۱۴۰۲تیر) رتبه های اول تا پنجم شامل: ۲۱ گلرنگ - ارزن، ۲۶ ارزن - برسیم، ۱۷ ماش - ماشک و تیمارهای با عملکرد برابر شامل تیمار ۱۹ ماش - برسیم و تیمار ۱۰ یولاف - ماش بودند. در حالی که طبق مشاهدات مزرعه ای عملکرد کشت مخلوط دوگانه ماشک – شبدربرسیم در تابستان ۱۴۰۱ پیش از گندم سال دوم بیشترین حجم بیوماس را به خود اختصاص داد. در ۱۴ تیمار از ۲۸ تیمار مورد بررسی عملکرد دانه گندم از میانگین کل کمتر بود.



شکل۲. عملکرد دانه گندم پس از کشت مخلوط و خالص بذر گیاهان پوششی کود سبز، آیش علف هرز و کود دامی در سال دوم آزمایش



شکل ۳. شماتیک تغییرات صفات اجزای عملکرد دانه گندم رقم بهاران تحت تأثیر تیمارهای کشت خالص و کشت مخلوط دوگانهگیاهان پوششی کودسبز و تیمارهای شاهد آیش و مصرف کود دامی در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱

براساس نتایج مندرج در شکل ۳ مربوط به شماتیک اجزای عملکرد دانه گندم تحت تأثیر تیمارهای آزمایش به نظر می رسد به طور کلی بایستی اولویت به کشت های مخلوط بذر گیاهان پوششی کود سبز داده شده و جمع بندی تمامی صفات نشان داد که اولویت کلی با کشت های مخلوط گلرنگ – ارزن، ماش – ماشک، یولاف – گلرنگ، ارزن – ماش، یولاف – کلزا و کلزا – ارزن می باشد. در حالی که به طور خاص و برای هر یک از صفات گندم شامل بیوماس، تعداد سنبله در متر مربع، وزن سنبله در متر مربع، وزن کاه در متر مربع، وزن دانه در متر مربع، وزن هزار دانه، تعداد دانه در متر مربع و تعداد دانه در سنبله، اولویت یکم به ترتیب با تیمارهای گلرنگ – ارزن، گلرنگ – ارزن، گلرنگ - ارزن، گلرنگ – ماشک، ماش، کود دامی، ماش و آیش است.

جدول۵. میانگین تغییرات صفات بیوماس، کاه و کلش و اجزای عملکرد دانه گندم تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کود سبز درمقایسه با تیمارهای شاهد آیش تابستانه علف هرز و شاهد مصرف تابستانه کوددامی پیش از گندم

صفت	بیوماس گرم در متر مربع	تعداد سنبله در مترمربع	وزن سنبله گرم در مترمربع	وزن کاه گرم در متر مربع	وزن دانه گرم در مترمربع	وزن هزار دانه گرم	تعداد دانه درمترمربع	تعداد دانه در سنبله
بیشینه	4451	1073	2461	2562	1565	53	34313	35
کمینه	2051	420	812	779	411	39	8464	18
میانگین	2964	753	1539	1425	870	47	18336	24
شاهد اول آیش تابستانه/ گندم	2585	693	1607	977	963	48	20066	29
شاهد دوم کوددامی / گندم	2874	733	1476	1398	849	50	16950	23

همچنین نتایج جدول۵ بررسی آماره های صفات مرتبط با گندم در مقایسه همزمان با تیمارهای شاهد آیش علف هرز تابستانی و نیز شاهد مصرف کود دامی در تابستان نشان داد که میانگین تیمارهای کشت خالص و مخلوط در صفات بیوماس، تعداد سنبله در مترمربع، وزن کاه در مترمربع بیشتر بود. در حالی که برای صفات وزن سنبله و وزن دانه و تعداد دانه در سنبله و در مترمربع میانگین کشت های خالص و مخلوط تنها بیشتر از شاهد مصرف کود دامی بود.

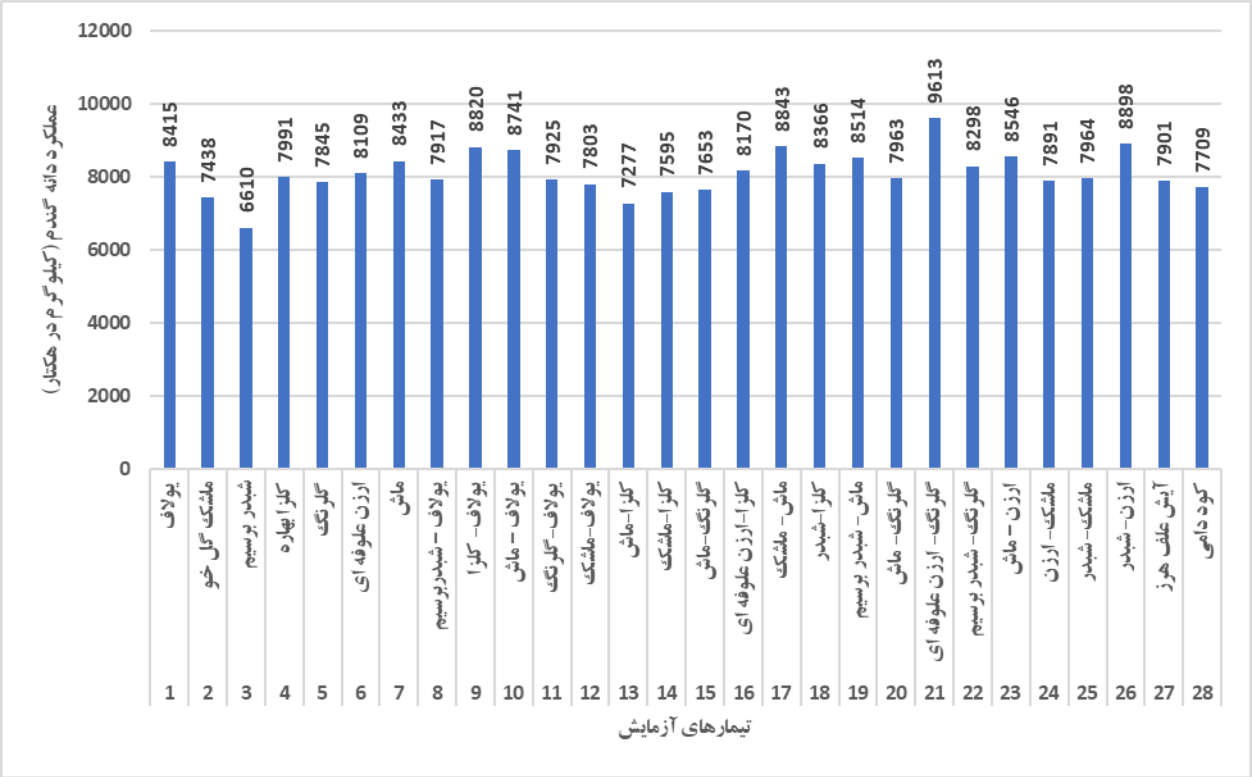
جدول۶. تجزیه مرکب نتایج دوساله عملکرد دانه گندم بهاران تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	سطح احتمال
تکرار	۲	۲۳۴۹۲۷۰	0.195^{ns}
تیمار	۲۷	۲۱۱۸۵۳۷	0.075^{ns}
سال	۱	۱۴۳۶۶۷۵۵۷	***
تیمار X سال	۲۷	۱۳۳۱۴۷۵	0.554
خطا	۱۱۰	۱۴۱۴۷۹۱	
کل	۱۶۷	۲۳۶۶۰۱۷	

براساس نتایج جدول ۶ تجزیه مرکب اثر تیمارهای آزمایش و نیز تیمار X سال معنی دار نبوده ولی اثر سال به شدت معنی دار در سطح احتمال یک هزارم درصد بوده که نشانگر وجود اثرات تجمعی مثبت تیمارها در سال های آزمایش بر عملکرد دانه گندم است که مشاهده آن را می توان به ثابت بودن واحدهای آزمایشی درشرایط اجرای توالی زراعی گندم به عنوان گیاه اصلی با تیمارهای آزمایش نسبت داد. در آزمایش چهارساله پیشین مربوط به اثر کشت خالص گیاهان پوششی کودسبز بر عملکرد دانه گندم نیز اثر تجمعی موروثی مشابهی مشاهده گردیده که نشان می دهد تداوم در اجرای تیمارهای کشت خالص و کشت مخلوط گیاهان پوششی کودسبز تاب آوری و پایداری سامانه زراعی در تولید دانه گندم را به ارمغان آورده و نوسانات مشاهده شده در عملکرد دانه گندم را به دلیل ایجاد محیط یکنواخت تولید به ویژه خاک به طور موثری به کمترین میزان ممکن می رساند. البته در این خصوص به طور حتم می توان به هماهنگی بهتر و بیشتر بین اندام های هوایی گندم با اندام های زیرزمینی آن یعنی تبادل پایاپای قندهای انتقال یافته از اندام های هوایی به اندام های زیرزمین، برای تغذیه جمعیت میکروبی حاضر منطقه رایزوسفر، با ترکیباتی مانند پروتئین، چربی، آنتی اکسیدان ها، ویتامین ها، مواد تنظیم کننده رشد و متابولیت های ثانویه توسط میکروبیوم خاک برای انتقال به اندام های هوایی و بازخورد مثبت بین گیاه و خاک بستگی داشته که به نظر می رسد نقش کربن آلی خاک و ارتقاء آن توسط گیاهان پوششی کودسبز با روندی مثبت در سال های متمادی بر آن بسیار مهم و حیاتی است. در واقع و در اصطلاح در طول عمل فتوسنتز یعنی تولید ترکیبات کربن دار در اندام های کلروفیل دار گیاه به عنوان پل فتوسنتزی با پل میکروبی که همان جمعیت های بسیار متنوع که به طور عمده شامل باکتری ها و قارچ های خاک در ناحیه رایزوسفر هستند، ارتباط یافته که برآیند و نتیجه این ارتباط نه تنها تأمین نیازهای گیاه است بلکه به دلیل غنی سازی محیط ریشه فعال در منطقه رایزوسفر در مقابل خاک توده امکان افزایش بهره وری و عملکرد میکروبی فراهم شده که به شکل های بهبود کمیت و کیفیت محصول و نیز بهسازی خاک زراعی با کربن آلی از منابع مختلف گیاهی (در این تحقیق گیاهان پوششی کودسبز، علف های هرز تابستانه، گندم ریزشی و بقایای گندم سال زراعی پیشی) نمود عینی و عملی می یابد. معنی دار نبودن اثر تیمار X سال نشانه ای مثبت از یکنواختی در اثر تیمارهای آزمایش بر صفات هدف بوده که می تواند اثرات تجمعی مثبتی را در صورت ادامه اجرای سامانه زراعی کشت پوششی تنها براساس تیمارهای دارای اثرات مثبت تجمعی یا موروثی توصیه شده در این آزمایش و ادامه اجرای آن ها در سال های متمادی آتی بهبود بخشد.

جدول ۷. میانگین دوساله عملکرد دانه گندم رقم بهاران تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

شماره تیمار	تیمار	میانگین دوساله عملکرد دانه گندم
1	یولاف	8415
2	ماشک گل خوشه ای	7438
3	شبدر برسیم	6610
4	کلزا بهاره	7991
5	گلرنگ	7845
6	ارزن علوفه ای شمعی	8109
7	ماش	8433
8	یولاف – شبدر برسیم	7917
9	یولاف- کلزا	8820
10	یولاف – ماش	8741
11	یولاف-گلرنگ	7925
12	یولاف-ماشک	7803
13	کلزا-ماش	7277
14	کلزا-ماشک	7595
15	گلرنگ-ماش	7653
16	کلزا-ارزن	8170
17	ماش- ماشک	8843
18	کلزا-شبدر برسیم	8366
19	ماش- شبدر برسیم	8514
20	گلرنگ- ماشک	7963
21	گلرنگ- ارزن	9613
22	گلرنگ- شبدر برسیم	8298
23	ارزن – ماش	8546
24	ماشک- ارزن	7891
25	ماشک- شبدر برسیم	7964
26	ارزن- شبدر برسیم	8898
27	آیش - گندم	7901
28	کود دامی - گندم	7709



شکل۴. میانگین عملکرد دانه گندم پس از کشت مخلوط و خالص بذر گیاهان پوششی کود سبز، آویش علف هرز و کود دامی

نتایج جدول ۷ و شکل ۴ نشان می دهند که بیشترین عملکرد دانه گندم بهاران براساس میانگین دوساله به تیمار کشت مخلوط دوگانه گلرنگ – ارزن علوفه ای تعلق داشت، بیشترین میانگین عملکرد به میزان ۹۶۱۳ کیلوگرم در هکتار از گندم رقم بهاران از این تیمار به دست آمد. در حالی که براساس نتایج میانگین اجزای عملکرد دانه گندم بیشترین مقادیر مربوط به صفات بیوماس در مترمربع، تعداد سنبله و وزن سنبله در متر مربع به همین تیمار تعلق داشت.

سامانه توالی زراعی گیاهان پوششی کود سبز: راهبردهای توالی زراعی گیاهان پوششی کود سبز به طور گسترده در کشاورزی به منظور افزایش باروری خاک و کاهش فشار علف های هرز شناخته شده است (درینک واتر و همکاران، ۱۹۹۸). گیاهان پوششی کود سبز مانند شبدر یا خرفه از طریق ارتباط همزیست با باکتری‌های ریزوبیا، نیتروژن جوی را از هوا جذب کرده و توسعه نیتروژن خاک را برای محصولات بعدی افزایش می‌دهند (اسنپ و همکاران، ۲۰۰۵).

تأثیر خاک ورزی بر جوانه زدن علف های هرز: گزارش شده است که سامانه‌های کم خاک ورزی بر جوانه زدن و توزیع دانه‌های علف های هرز در اکوسیستم‌های کشاورزی تأثیر داشتند (موهلر و تیسدیل، ۱۹۹۳). خاک ورزی سطحی می‌تواند مکان قرارگیری دانه‌ها را تغییر دهد و بر جوانه زدن علف های هرز تأثیر بگذارد که می‌تواند بر قابلیت رقابت آن‌ها با گیاهان اصلی تأثیر بگذارد.

برهمکنش های میکروبی در منطقه ریزوسفر: منطقه ریزوسفر نمایانگر یک منطقه پویا است که تحت تأثیر برهمکنش های بین ریشه‌ها، خاک و میکروارگانیسم‌ها قرار دارد. رقابت و همزیستی میکروبی در این منطقه به طور قابل توجهی بر چرخه عناصر غذایی، سلامت گیاهان و ساختمان خاک تأثیر می‌گذارد(برندسن و همکاران، ۲۰۱۲).

انباشت کربن آلی خاک: انباشت کربن آلی در خاک برای باروری و ساختمان خاک بسیار حیاتی است. این می‌تواند تحت تأثیر ادغام بقایای محصولات کشاورزی قرار گیرد که بر جامعه میکروبی خاک و فعالیت‌های آن‌ها تأثیر می‌گذارد(دوگریز و همکاران، ۲۰۰۶).

فتوسنتز و میکروبیوم خاک: تعامل بین فتوسنتز گیاه و میکروبیوم خاک، به ویژه در منطقه ریزوسفر، نقش اساسی در جذب و چرخه عناصر غذایی ایفا می‌کند (چیپرو و همکاران، ۲۰۱۴).

در سامانه زراعی یکساله گیاهان پوششی کود سبز در تناوب با گندم، پس از برداشت گندم در آخرین روزهای فصل بهار برای نیمی از تابستان زمین زراعی دست نخورده باقی مانده در حالی که بقایای گندم روی سطح خاک را پوشانده است. چند روز پیش از آماده سازی بستر بذر یعنی در اواسط تابستان زمین زراعی که در آن علف های هرز به همراه بقایای گندم حضور دارند کمتر از یک هفته پس از آبیاری با استفاده از دستگاه هرس بشقابی سبک و با سرعت حرکت کم آماده سازی شده در نیمه تابستان به کاشت بذر گیاهان پوششی کود سبز اقدام می شود. در چنین شرایطی به دلیل عدم برگردان خاک بذر گیاهان پوششی کودسبز همراه با بذر علف های هرز و نیز بذر گندم ریزشی در داخل بقایای گندم که بخش اعظم آن بقایای گندم در داخل خاک قرار داشته (۸۵-۷۰ درصد) و بخش کمی (۳۰-۱۵ درصد) بر روی سطح خاک قرار دارند، جوانه می

زنند. در این صورت گیاهچه های علف هرز به همراه گندم ریزشی در کنار گیاهچه های گیاهان پوششی کود سبز رشد نموده فضاهای خالی بین گیاهان پوششی کود سبز به خوبی توسط علف های هرز و گندم ریزشی پوشانده شده که خود منبع قابل ملاحظه ای از کربن آلی برای بهبود خاک می باشد. براساس مشاهدات آزمایش حاضر در اغلب واحدهای آزمایشی تحت تأثیر تیمارهای گیاهان پوششی کود سبز رشد علف های هرز همراه با گندم ریزشی مشکل قابل توجهی و مانعی برای رشد گیاهان پوششی کود سبز بوجود نیاورده بلکه شاید به رشد بهتر آن ها در یک بازه زمانی کوتاه مدت ۶۵ روزه کمک می کند. می توان گفت که با انجام خاک ورزی با دشتگاه هرس بشقابی و کاشت بذر گیاهان پوششی کود سبز با استفاده از دستگاه بذرکار یک بستر بذر کاذب برای علف های هرز بوجود آمده که می تواند بدون مصرف هیچگونه کود و سم همراه با گندم ریزشی شرایط مناسبی را برای رشد مطلوب گیاهان پوششی کود سبز فراهم می آورد که این موضوع از طریق تولید مقادیر قابل توجه بیوماس از گیاهان پوششی کود سبز در ادغام با علف های هرز همراه با گندم ریزشی خود را اثبات می کند. در واقع می توان گفت که پل میکروبی در تکمیل پل فتوسنتزی به ارتباط هر چه بهتر اندام های هوایی از طریق رقابت یا بازخورد مثبت و همزیستی بین ریشه علف های هرز، گندم ریزشی و گیاهان پوششی کود سبز موجب تولید قابل توجه بیوماس شده که خود متقابلاً حاکی از کارکردهای مناسب و مطلوب میکروبیوم خاک در منطقه رایزوسفر می باشد.در واقع افزایش مشاهده شده در انباشت کربن آلی در خاک نیز از جمله شواهد متقن درستی این فرضیه میتواند باشد.

برخی نتایج مشاهده ای و مزرعه ای از واحدهای آزمایشی

خلاصه نتایج مشاهدات و برآورد مزرعه ای به شرح زیر بود:

۱. کشت مخلوط ماشک - برسیم (با نسبت رشد متعادل ۵۰:۵۰ درصد) و ماشک – ارزن علوفه ای بهترین در کنترل علف های هرز بویژه قیاق و پیچک صحرایی بوده، سپس کشت مخلوط ماش – ماشک ولی با عملکرد دانه بیشتر نسبت به کشت مخلوط ماشک – برسیم قرار داشت.

۲. کشت مخلوط کلزا – ماشک هم در مهار علف های هرز بسیار خوب بود ولی عملکرد دانه گندم پس از آن کمتر از میانگین کل آزمایش بود. کلزا رشد خیلی خوبی در زیر سایبان ماشک داشته و از نظر نیتروژن وضعیت بسیار خوبی داشته که به نظر می رسد از طریق ماشک به خوبی تأمین شده بود. در یک اندازه گیری غیرتخریبی در مزرعه به روش ارائه شده توسط نرم افزار استارتاپ تلفن همراه YARA، میزان جذب نیتروژن خالص برگ کلزا در سه تکرار هر سه عدد ۱۰۰ را نشان داده در حالی که عملکرد بیوماس تر برآورد شده به ترتیب ۲۴۵۷۰، ۲۱۰۲۰ و ۲۳۶۴۰ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید.

۳. کشت مخلوط کلزا برسیم پس از گلرنگ - برسیم و کود دامی بهترین در افزایش عملکرد دانه گندم بود.

۴. در کشت مخلوط ماش – ماشک، علف هرز قیاق تا حدود ۷۰ درصد مهار شده و نسبت چیرگی ماشک بر ماش به ترتیب ۷۰ به ۳۰ درصد بود. زردی مشاهده شده در ماش (هیچگونه کودی در طول دوره رشد گیاهان پوششی کود سبز مصرف نشد) به خوبی در کشت مخلوط ماش – ماشک کم شده که نشان می داد همزیستی خوبی بین آن دو گیاه پوششی برقرار بوده و نیتروژن مود نیاز ماش توسط ماشک تا حد زیادی تأمین شده بود.

۵. کشت مخلوط مخلوط یولاف ماش به دلیل جمعیت بالای علف های هرز قیاق و پیچک صحرایی مشکل آفرین بود.

۶. در کرت آزمایشی کشت خالص یولاف به همراه گندم ریزشی علف های هرز گاوپنبه، قیاق، خرفه، پیچک صحرایی و کاهوی وحشی مشاهده گردید.

۷. در کرت آزمایشی کشت خالص ماشک گل خوشه ای علف های هرز قیاق، علف گل زرد، پیچک صحرایی، سلمه همراه با گندم ریزشی در مرحله بوتینگ مشاهده گردید.

۸. در کرت آزمایشی کشت خالص شبدربرسیم گندم ریزشی به سنبله رفته بود و علف های هرز قیاق، پیچک صحرایی و سلمه زیر سایبان برسیم مشاهده گردید.

۹. در کرت آزمایشی کشت خالص کلزا علف هرز سفیدرنگ گل بنفش ریز و قیاق با ارتفاع کم ولی بسیار زیاد و پیچک صحرایی به همراه گندم ریزشی مشاهده گردید.

۱۰. در کرت آزمایشی کشت خالص گلرنگ ویژگی قابل توجه کلروفیل بالای برگ و دمای پایین آن در مقایسه با دمای محیط اطراف آن (۶۰ تا ۷۰) بود.

۱۱. در کرت آزمایشی کشت مخلوط یولاف - گلرنگ علف های هرز جارو، سلمه، قاصدک، خرفه به همراه گندم ریزشی مشاهده گردید.

۱۲. در کرت آزمایشی کشت مخلوط یولاف - ماشک علف هرز قیاق خیلی کم بوده ولی علف هرز کنگر وحشی به وفور مشاهده گردید.

۱۳. در کرت آزمایشی کشت مخلوط کلزا - ارزن علوفه ای، کل بوته های کلزا و ارزن کمتر از کشت خالص آن بوده که به نظر می رسد به این دلیل بود که علف هرز قیاق کل سطح کرت را فرا گرفته بود.

۱۴. در کرت آزمایشی کشت مخلوط ماش - برسیم علف های هرز اصلی شامل قیاق (با تراکم بیشتر) و گاو پنبه (با تراکم کمتر) مشاهده گردیده و نسبت تراکم ماش و برسیم به ترتیب ۴۰ و ۶۰ درصد برآورد گردید.

۱۵. در کرت آزمایشی کشت مخلوط گلرنگ – ماشک، علف هرز قیاق مشاهده گردیده ولی ارتفاع گلرنگ بیشتر از کشت خالص گلرنگ بود (احتمالاً به دلیل اثر ماشک). ماشک به خوبی سطح کرت را پوشانده بود.

نتایج تجزیه AMMI صفات کیفی گندم

براساس نتایج تجزیه AMMI متدرج در جدول یک با توجه به این که در سال اول میانگین غلظت پروتئین دانه گندم ۱۱.۲۵ و در سال دوم ۱۱.۵۱ و میانگین کل دو ساله ۱۱.۳۵ درصد بود؛ بنابراین می توان نتیجه گرفت که برای انتخاب تیمارهای مناسب با هدف افزایش صفت درصد یا غلظت پروتئین دانه گندم به ترتیب میزان اثرگذاری تیمارها بایستی به کشت گیاهان پوششی کود سبز شامل: کشت های خالص ارزن علوفه ای، یولاف، ماشک گل خوشه ای و کشت مخلوط یولاف – شبدربرسیم و نیز ماش پیش از کاشت گندم پرداخته شود. در حالی که به دلیل معنی دار بودن اثر سال یا محیط ها به طور حتم همواره بایستی کشت گیاهان پوششی کود سبز در سال های متوالی استمرار یابد. البته با توجه به این که اثر کشت مخلوط تیمار گلرنگ – ارزن علوفه ای بر عملکرد دانه گندم بیشترین تأثیر را داشت می توان نتیجه گرفت که به طور کلی هرگاه هدف بهبود بهره وری و عملکرد دانه گندم است به طور عام از کشت های مخلوط و به طور خاص از کشت مخلوط گلرنگ – ارزن بهره گرفته شود. در حالی که برای ارتقاء کیفی درصد پروتئین دانه گندم، بهره گیری از کشت های خالص گیاهان پوششی کودسبز بر کشت مخلوط آن ها توصیه شده و ارجحیت دارد. حال آن که در مورد صفت رسوب زلنی با میانگین کل ۲۲.۶۴ ضمن آن که رسوب زلنی در سال دوم (۲۵.۶۳) بیشتر از میانگین کل و نیز میانگین سال اول (۱۹.۶۲) بود، بهبود این صفت را می توا ن از طریق کشت های خالص و مخلوط گیاهان پوششی کودسبز به انجام رساند. در مورد صفت

گلوتن مرطوب نیز مقادیر آن به ترتیب در سال های اول و دوم به ترتیب ۲۳.۲۷ و ۲۷.۰۴ بود به طوری که سال دوم از میانگین کل (۲۵.۱۵) بیشتر بود. در مورد صفت وزن هزار دانه نتایج نشان داد که اثر عوامل تیمارX سال و سال به ترتیب در سطوح یک درصد و یک هزارم درصد معنی دار بودند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که این صفت نیز همانند دیگر صفات کیفی (باستثنای صفت حجم نان) تحت اثر موروثی قرار داشته ولی اثر یادشده در تیمارهای آزمایشی مربوط به تمامی صفات مورد بررسی یکسان نبوده و در واقع بسته به صفت کیفی مورد نظر بایستی از تیمار یا تیمارهای مناسب یا توصیه شده استفاده شود. میانگین کل وزن هزار دانه گندم بهاران در تیمارهای آزمایش در سال های اول و دوم به ترتیب ۵۰.۳۰ و ۴۷.۲۱ گرم و با میانگین کل ۴۸.۷۶ گرم بود. براساس نتایج روش تجزیه آماری AMMI در سال اول به جز تیمارهای G19، G2 و G24 (به ترتیب ماش برسیم، ماشک و ماشک ارزن علوفه ای) وزن هزار دانه بقیه تیمارها بیشتر از میانگین کل بود. حال آن که در سال دوم تنها وزن هزار دانه تیمارهای G2، G1، G14 و G19 (به ترتیب ماشک، یولاف، کلزا ماشک و ماش برسیم) بیشتر از میانگین کل بود. براساس نتایج رتبه بندی تیمارهای آزمایشی برای بهبود صفت وزن هزار دانه در سال اول به ترتیب اولویت به کشت کلزا، ارزن – شبدربرسیم، گلرنگ – ماشک و گلرنگ و در سال دوم به ترتیب اولویت به کشت ماشک، یولاف، کلزا–ماشک و ماش– شبدربرسیم پیش از گندم رقم بهاران تعلق داشتند.

جدول۸. نتایج تجزیهAMMI رتبه بندی تیمارهای آزمایشی در تأثیر بر صفات کیفی گندم در سال های ۱۴۰۱-۱۴۰۰ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱

صفت کیفی	سال	اولویت رتبه			
		یکم	دوم	سوم	چهارم
گلوتن مرطوب	اول	ماشک	ارزن	گلرنگ – برسیم	گلرنگ – ارزن
	دوم	گلرنگ – ارزن	ارزن	برسیم	کلزا - ماش
رسوب زلنی	اول	ماش	یولاف – برسیم	یولاف – کلزا	گلرنگ – ماش
	دوم	آیش*	یولاف – برسیم	ارزن	ارزن - برسیم
جذب آب	اول	یولاف	ماشک	کلزا	ماش
	دوم	یولاف	برسیم	گلرنگ	یولاف - کلزا
رسوب SDS	اول	کلزا	یولاف – کلزا	کلزا – ماشک	یولاف – ماش
	دوم	ارزن – برسیم	آیش	ماشک	ماش – برسیم
درصد پروتئین	اول	ارزن	یولاف	ماشک	یولاف – برسیم
	دوم	ماشک	ماش	یولاف	برسیم
سن زدگی	اول	گلرنگ – برسیم	ماشک	برسیم	کلزا
	دوم	کلزا	یولاف – برسیم	گلرنگ – برسیم	یولاف – گلرنگ
رطوبت دانه	اول	گلرنگ – ماشک	کلزا - ماشک	کلزا	یولاف - کلزا
	دوم	کلزا	یولاف – کلزا	ماش – ماشک	ماش - برسیم
وزن هکتولیتر	اول	ارزن - برسیم	کلزا – ارزن	ماشک – برسیم	ماش - برسیم
	دوم	کلزا	یولاف – کلزا	کلزا – ماشک	کود دامی
شاخص سختی	اول	یولاف	کلزا	ماشک	برسیم
	دوم	یولاف	ماشک	برسیم	کلزا
حجم نان	اول	کلزا – برسیم	ارزن – برسیم	ماشک – ارزن	گلرنگ - برسیم
	دوم	ماش – ماشک	گلرنگ – ماشک	آیش	ماشک - ارزن
وزن هزار دانه	اول	کلزا	ارزن – برسیم	گلرنگ – ماشک	گلرنگ
	دوم	ماشک	یولاف	کلزا – ماشک	ماش - برسیم

*** آیش علف هرز که در طول فصل تابستان تا اواخر مهرماه هر سال زراعی به اجرا در آمد.**

همچنین و براساس نتایج جدول ۸ مربوط به تجزیه AMMI در خصوص بهبود صفات غلظت و کیفیت پروتئین گندم و نیز صفات جذب آب و شاخص سختی دانه تأکید و اولویت در کشت های خالص گیاهان ماشک، گلرنگ، ارزن، ماش، یولاف و کلزا می باشد. در حالی که برای بهبود صفات کیفی وزن هکتولیتر، حجم نان و وزن هزار دانه تأکید و اولویت در کشت های مخلوط ارزن – برسیم، کلزا – برسیم، ماش – ماشک و گلرنگ – ماشک می باشد.

به نظر می رسد به منظور ارتقاء صفات کیفی مربوط به دانه و آرد گندم، ایجاد تنوع زراعی از طریق اجرای سامانه های زراعی گیاهان پوششی کودسبز با بهره گیری از کشت خالص و مخلوط بذر گونه های غلات دانه ای و علوفه ای، لگوم های دانه ای و علوفه ای و براسیکا در کنار آیش علف هرز زمین زراعی ضرورتی اجتناب ناپذیر است که در طول سالیان متمادی اثرات موروثی مثبت آن به تدریج نمایان خواهد شد. در واقع این که همواره بهره گیری از لگوم ها در کشت های خالص و مخلوط بذر آن ها مورد تأکید قرار گیرد به تنهایی نمی تواند بهبود صفات کیفی را در برداشته بلکه بایستی با استفاده از ورود گونه های گیاهی غیرلگوم غلات و براسیکا) به طور مستقیم و غیرمستقیم به غنای زیست بوم میکروبی خاک ها و کیفیت گندم کمک نمود. در واقع بر پایه پارادایم بازخورد گیاه – خاک (Plant-Soil feedback) ارتقاء کیفیت گندم نیازمند ورود گیاهان پوششی کودسبز در شکل های کشت خالص و مخلوط است که در آینده ضرورت خواهد یافت. البته تیمار توالی زراعی سه ساله آیش علف هرز – گندم هم در صورت نبود یا کمبود آب در طول فصل تابستان به جای آیش پاک گزینه ای قابل تأمل بوده که براساس نتایج تحقیق پیشین نگارنده (مهرور و همکاران، ۱۴۰۰) در صورت تکرار در اجرا در طول سال های متوالی (حداقل سه سال زراعی) می تواند به بهبود کمیت و کیفیت گندم منجر شود، در حالی که به نظر می رسد توجیه اقتصادی داشته ولی نمی تواند منجر به انباشت کربن آلی خاک و کسب بیلان مثبت کربن شود.

بهره وری کشاورزی و روش های کاهش تنش های محیطی غیرزنده

بهره وری کشاورزی به دلیل تنش های محیطی از جمله تغییرات دمایی، شوری و خشکی با چالش های قابل توجهی مواجه است.گیاهان پوششی کودسبز می‌توانند محیط مساعدی را برای انباشت و فعالیت باکتری‌های ریزوسفری تحریک‌گر رشد گیاه (PGPRs) ایجاد کنند که به نوبه خود می‌توانند به کاهش تنش‌های غیرزیستی نظیر کمبود کربن آلی خاک کمک کنند. مطالعات مختلف توانایی PGPR ها را برای افزایش رشد گیاه، افزایش عملکرد و تحمل به عوامل تنش زای محیطی نشان داده اند. PGPR ها مکانیسم های مختلفی را برای کاهش تنش های محیطی در گیاهان به کار می گیرند. این مکانیسم ها شامل تولید هورمون های گیاهی، القای تحمل سیستمیک از طریق تعدیل پاسخ های فیزیولوژیکی، تنظیمات اسمزی از طریق تولید اسمولیت ها، فعالیت ACC دی آمیناز، تولید اگزوپلی ساکارید، بهبود خواص فیزیکوشیمیایی خاک، تولید ترکیبات کربن آلی فرار و القای تنش است.

گیاهان پوششی کود سبز نقش مهمی در افزایش تکثیر و فعالیت ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاهی (PGPRs) ایفا می‌کنند و در نتیجه به کاهش تنش‌های غیرزیستی، به ویژه کربن آلی کم خاک کمک می‌کنند. این فرآیند شامل یک تعامل پیچیده بین گیاهان پوششی، جوامع میکروبی خاک و برهمکنش‌های گیاه و میکروب است.

سهم مواد آلی

در مطالعه ای توسط درینکواتر و همکاران(1998) ، اهمیت گیاهان پوششی در افزایش مواد آلی خاک برجسته شد. تجزیه بقایای گیاهان پوششی مواد آلی را به خاک اضافه می کند.گیاهان پوششی کود سبز از طریق زیست توده خود از جمله ریشه، ساقه و برگ به مواد آلی خاک کمک می کنند. همانطور که این محصولات پوششی تجزیه می شوند، ترکیبات آلی را در خاک آزاد می کنند و به عنوان منبع غذایی برای میکروارگانیسم های خاک عمل می کنند.

تقویت زیستگاه میکروبی بندینگ و همکاران (2004) درباره چگونگی تأثیر گیاهان پوششی بر جامعه میکروبی خاک گزارش دادند که افزایش در دسترس بودن مواد آلی از گیاهان پوششی، زیستگاه میکروبی را در ریزوسفر افزایش می دهد. این موضوع باعث ایجاد محیط مطلوب تری برای PGPR ها شده، زیرا آنها در ناحیه ریشه که در آن ترشحات آلی فراوان است، رشد می کنند.

آزاد سازی ترکیبات آلی توسط ریشه گیاه در ناحیه رایزوسفر یا ترشحات ریشه

مارشنر و همکاران (۲۰۰۴) بینش هایی را در مورد نقش ریشه های گیاهی در رسوب های ریز و تراوشات ارائه دادند. درواقع ریشه گیاه ترکیبات آلی شامل قندها، اسیدهای آمینه و اسیدهای آلی را در خاک آزاد کرده، رسوبات ریز رشد و فعالیت PGPR ها را تحریک می کنند و آنها را به ناحیه ریشه جذب می کنند.

مکانیسم های PGPR و کاهش تنش غیر زنده

لوگتنبرگ و کامیلووا (۲۰۰۹) مکانیسم‌های مختلفی را که توسط PGPR ها در ارتقاء رشد گیاه و تحمل به تنش به کار می‌روند مورد بحث قرار دادند. PGPR ها از مکانیسم هایی مانند تولید هورمون گیاهی، تنظیمات اسمزی و بهبود خواص خاک استفاده نموده، در نتیجه فعالیت میکروبی افزایش یافته توسط گیاهان پوششی کودسبز از این مکانیسم ها پشتیبانی می کنند و به کاهش سطح تنش کمک می کنند.

Rhizodeposition همان انتشار و آزاد سازی ترکیبات آلی توسط ریشه های گیاه در رایزوسفر، منطقه خاک تحت تأثیر سیستم ریشه، فرآیندی است که نقش مهمی در پشتیبانی از فعالیت های میکروبی و چرخه عناصر غذایی در خاک دارد. تقویت انتشار و آزاد سازی ترکیبات آلی توسط ریشه های گیاه در رایزوسفر ریزدانه شامل اقداماتی است که باعث افزایش کمیت و کیفیت ترکیبات آلی آزاد شده توسط ریشه گیاه می شود.

راهبردهای تقویت انتشار و آزادسازی مواد آلی در رایزوسفر

انتخاب گیاهان پوششی کودسبز و گونه های زراعی

تنوع تراوش ریشه

گونه های مختلف گیاهی انواع و مقادیر متفاوتی از ترشحات ریشه را آزاد می کنند. گیاهان پوششی کودسبز و گیاهان اصلی انتخاب شوند که به دلیل ترشح ترکیبات مفید برای فعالیت میکروبی شناخته شده هستند.

جوامع گیاهی متنوع

کاشت گونه‌های متنوع در یک مکان ثابت می‌تواند به طیف وسیعی از ترشحات ریشه کمک کند و جمعیت میکروبی متنوع خاک را ارتقاء بخشد.

روش های مدیریت خاک

ورودی مواد آلی

مواد آلی مانند کمپوست یا کود دامی که به خوبی تجزیه شده اند را به درون خاک وارد نمایید. این رویکرد اجرایی باعث افزایش در دسترس بودن عناصر غذایی و تحریک ترشحات ریشه می شود.

کاهش برهم زدن خاک

از طریق اقداماتی مانند کم خاکورزی اختلال درون خاک را به کمترین میزان برسانید. کاهش اختلال به حفظ سیستم ریشه ای سالم و دست نخورده کمک می کند و از انتشار و آزاد سازی ترکیبات آلی توسط ریشه های گیاه در رایزوسفر پشتیبانی می کند.

راهبردهای کوددهی

کاربرد متعادل عناصر غذایی

از متعادل بودن سطح عناصر غذایی خاک اطمینان حاصل کنید. مدیریت صحیح عناصر غذایی گیاهان را تشویق می کند تا ترشحات خاصی را آزاد کنند که جذب عناصر غذایی توسط میکروب ها را تسهیل می کند.

تلقیح‌های میکروبی

میکروارگانیسم‌های مفیدی را مانند قارچ‌های میکوریزی یا سویه‌های خاص PGPR را معرفی نمایید که بتوانند با ریشه‌های گیاه برهمکنش داشته و ریشه های گیاه را برای انتشار و آزاد سازی ترکیبات آلی در منطقه رایزوسفر تحریک کنند.

مدیریت آب

آبیاری بهینه

برای جلوگیری از تنش خشکی در گیاهان، آبیاری مداوم و مناسب لازم است. در دسترس بودن آب کافی باعث رشد مداوم ریشه و تراوش می شود.

حفاظت از آب

اجرای شیوه های حفاظت از آب برای حفظ سطح رطوبت خاک، تقویت پایداری در انتشار و آزاد سازی ترکیبات آلی در منطقه رایزوسفر،

توالی زراعی متنوع

توالی زراعی

برای تنوع بخشیدن به ترشحات ریشه آزاد شده در خاک، گیاهان زراعی مختلف را در توالی زراعی قرار دهید. این رویکرد به حفظ یک جامعه میکروبی متنوع و تقویت چرخه عناصر غذایی خاک می کند.

کشت مخلوط گیاهان پوششی کودسبز

گیاهان مختلف را با هم در یک مزرعه کشت کنید تا تنوع در انتشار و آزاد سازی ترکیبات آلی در منطقه رایزوسفر و تعاملات میکروبی را افزایش داده تا به گیاه اصلی بعدی (در اینجا گندم) در بهبود عملکرد و کیفیت کمک نماید.

اصلاحات بیولوژیکی خاک

محصولات میکروبی مفید

از اصلاحات بیولوژیکی خاک حاوی میکروارگانیسم‌های مفید استفاده کنید که می‌توانند انتشار و آزاد سازی ترکیبات آلی در منطقه رایزوسفر را افزایش داده و از فعل و انفعالات گیاه و میکروب پشتیبانی کنند.

یادآوری مهم

تقویت انتشار و آزاد سازی ترکیبات آلی در منطقه رایزوسفر یک رویکرد کل نگر است که شامل بهینه سازی عوامل مختلف در مدیریت خاک و گیاه است. اجرای ترکیبی از این راهبرد ها می تواند به یک رایزوسفر سالم کمک کند و یک رابطه پویا بین گیاهان و میکروارگانیسم های خاک را تقویت کند.

به طور خلاصه، هم افزایی بین محصولات پوششی کود سبز و PGPR ها شامل فراهم آوری مواد آلی، ایجاد یک زیستگاه میکروبی مساعد و تقویت آزاد سازی ترکیبات آلی توسط ریشه گیاه در ناحیه رایزوسفر می شود.

جدول ۹. تجزیه AMMI صفات کیفی گندم آبی رقم بهاران تحت تأثیر تیمارهای گیاهان پوششی کود سبز، آیش و کود دامی در سال های ۱۴۰۱-۱۴۰۰ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		گلوتن مرطوب	رسوب زلنی	جذب آب	رسوب SDS	سن زدگی	رطوبت دانه	وزن هکتولیتر	شاخص سختی دانه	شاخص گلوتن	حجم نان	درصد پروتئین	وزن هزار دانه TGW
کل	۱۶۷	۱۲.۵۳	۱۴.۸	۰.۹۲۵	۳۸۴	۷.۸	۰.۴۸۲	۱.۱۳۹	۸.۲۵	۷۰۴	۵۰۶.۶	۰.۴۸۸۷	۱۰.۸۶
تیمار x سال	۵۵	۳۵.۴۵^{xxxx}	۳۲.۸^{xxxx}	۱.۴۴^{xxxx}	۱۰۲۵^{xxxx}	۲۰.۲^{xxxx}	۰.۸۶۹^{xxxx}	۱.۴۸۴^{x}	۱۴.۶۴^{xxxx}	۲۰۱۳^{xxxx}	۴۴۴.۶^{ns}	۰.۶۵۹۷^{xx}	۱۵.۱۳^{xx}
تیمار	۲۷	۲۶.۱۵^{xxxx}	۷^{x}	۱.۸۲۸^{xxxx}	۴۸^{ns}	۱.۷^{ns}	۰.۲۸۹^{ns}	۰.۹۵۵^{ns}	۱۴.۳۹^{xxxx}	۳۸۸^{xxxx}	۳۷۵.۷^{ns}	۰.۹۴۸۹^{xxx}	۶۸۰^{ns}
سال (محیط)	۱	۵۹۷.۱^{xxxx}	۱۵۱۸^{xxxx}	۱۸.۰۰۶^{x}	۵۳۰۷۳^{xxxx}	۱۰۴۱.۴^{xxxx}	۳۴.۳۸۱^{xxxx}	۳۹.۰۵۴^{xxxx}	۲۹۳.۳۶^{xx}	۹۳۱۷۶^{xxxx}	۲۰۸۶.۱^{ns}	۲.۸۸۱۰^{ns}	۴۰۰.۵۳^{xxx}
بلوک (بلوک در سال)	۴	۸.۰۷^{xxx}	۵۲.۲^{xxxx}	۳.۷۲۶^{xxxx}	۳۵۵^{xxxx}	۱۲.۶^{xxx}	۲.۰۰۶^{xxxx}	۱.۱۵۵^{ns}	۳۷.۰۵^{xxxx}	۱۷۷^{ns}	۳۳۲۵.۶^{xxxx}	۱.۱۳۱۰^{x}	۲۴.۷۹^{x}
اثرمتقابل	۲۳	۲۸.۱۱^{xxxx}	۳.۶^{ns}	۰.۴۳۸^{ns}	۷۴^{ns}	۱.۱^{ns}	۰.۲۰۸^{ns}	۰.۶۲۱^{ns}	۴.۵۷^{ns}	۳۰۸^{ns}	۴۵۲.۷^{ns}	۰.۲۸۸۸۴^{ns}	۹.۱۹^{ns}
تجزیه به جزء اصلی (تیمار)	۲۷	۲۳.۹۵^{ns}	۳.۶^{ns}	۰.۴۳۸^{ns}	۷۴^{ns}	۰.۸^{ns}	۰.۲۰۸^{ns}	۰.۶۲۱^{ns}	۴.۵۷^{ns}	۲۶۲^{ns}	۴۵۲.۷^{ns}	۰.۲۸۸۸۴^{ns}	۹.۱۹^{ns}
خطا	۶۴	۱.۷۲	۴.۳	۰.۵۶	۵۹	۲.۲	۰.۲۲۸	۰.۹۶۳	۳.۹۴	۹۷	۴۳۳.۸	۰.۳۷۷۹	۸.۱۶

براساس نتایج جدول۹ اثر متقابل تیمار در سال بر تمامی صفات کیفی معنی دار بوده ولی اثر تیمار فقط بر صفات گلوتن مرطوب، رسوب زلنی، جذب آب، شاخص سختی دانه، شاخص گلوتن، غلظت پروتئین دانه و وزن هزار دانه دانه معنی دار بود. همچنین اثر سال بجز صفت غلظت پروتئین دانه در بقیه صفات کیفی معنی دار بود.

برخی توضیحات درباره به صفات کیفی دانه و آرد گندم و عوامل موثر بر تغییرات آن ها

وزن هکتولیتر (HLW) در گندم بهاری به عنوان یک نشانگر اساسی از کیفیت دانه‌ها عمل می‌کند و نمایانگر چگالی و وزن دانه‌هاست. در حالی که محدوده ایده‌آل یا بهینه برای وزن هکتولیتر می‌تواند بر اساس انواع خاص گندم، شرایط رشد و ترجیحات بازار متغیر باشد، معمولاً محدوده‌های کلی وجود دارند که بهترین کیفیت گندم بهاری را نشان می‌دهند: محدوده بهینه معمول برای وزن هکتولیتر در گندم بهاری معمولاً بین ۷۵ کیلوگرم بر هکتولیتر تا ۸۵ کیلوگرم بر هکتولیتر (کیلوگرم بر هکتولیتر) در نظر گرفته می‌شود. در این محدوده، دانه‌های گندم معمولاً ویژگی‌های کیفی مطلوبی را از نظر چگالی، اندازه و محتوای نشاسته ارائه می‌دهند. برخی انواع گندم بهاری با کیفیت بالاتر یا گریدهای ویژه ممکن است وزن هکتولیتری بالاتر از ۸۵ کیلوگرم بر هکتولیتر داشته باشند و این ارزش‌های بالاتر برای بازارهای خاص یا مقاصد خاص مصرف بسیار مطلوب باشند. مقادیر کمتر از ۷۵ کیلوگرم بر هکتولیتر ممکن است به کیفیت پایین یا مشکلاتی مانند دانه‌های کوچک‌تر یا کم‌چگالتر اشاره کند که می‌تواند بر روی آسیاب‌کاری، پخت و پز یا دیگر کاربردهای مصرفی منفی تأثیر بگذارد. انواع مختلف گندم می‌توانند محدوده‌های بهینه متمایزی برای وزن هکتولیتر داشته باشند. عواملی مانند حاشیه حاصلخیزی خاک، آب و هوا، سطوح رطوبت و فشار بیماری می‌توانند بر کیفیت دانه‌ها و در نتیجه بر وزن هکتولیتر تأثیر بگذارند. صنایع یا کاربردهای خاص ممکن است ترجیح داشته باشند که دانه‌های گندم در محدوده خاصی از وزن هکتولیتر قرار بگیرند، برای آسیاب‌کاری، پخت و پز یا دیگر مقاصد. ترجیحات بازار و استانداردهای کیفیت نیز می‌توانند بر محدوده مطلوب تأثیر بگذارند. توضیح این که همواره در هنگام تعیین محدوده بهینه برای وزن هکتولیتر در گندم بهاری، تفاوت‌های منطقه‌ای، تقاضاهای بازار و مقصد استفاده از گندم را در نظر گرفته شوند.

برای صفت شاخص گلوتن، محدوده بهینه یا بهترین برای این صفت بسته به استفاده مدنظر از گندم و نیازهای خاص محصولات نهایی متغیر است. شاخص گلوتن یک اندازه‌گیری است که نیروی گلوتن در آرد گندم را نشان می‌دهد و بر کیفیت پخت و پز آن تأثیر می‌گذارد. در یک راهنمای کلی به طور معمول، برای انواع گندم مخصوص نان‌پزی یا آن‌هایی که برای تولید محصولاتی با نیروی گلوتن قوی مورد استفاده قرار می‌گیرد، ارزش بالای شاخص گلوتن (حدود ۹۰-۶۰) مورد نظر است. این نیروی گلوتن قوی، در تشکیل ساختمان خوب و انعطاف‌پذیری در تستی، منجر به بهبود حجم و بافت نان می‌شود. برخی محصولات دیگر مانند کیک‌ها، کوکی‌ها یا شیرینی‌ها ممکن است به گندم با شاخص گلوتن کمتر (حدود ۷۰-۸۰) نیاز داشته باشند. این محصولات از نیروی گلوتن کمتر بهره می‌برند که منجر به بافت نرم و ملایم‌تر می‌شود.

نکته مهم این که محدوده گلوتن مورد نظر ممکن است بر اساس ترجیحات منطقه‌ای، نوع انواع گندم و نیازهای خاص محصولات متغیر باشد. تعیین شاخص گلوتن مناسب بر اساس ویژگی‌های مورد نظر محصول نهایی بسیار مهم است. آزمون و درک شاخص گلوتن گندم می‌تواند در انتخاب نوع مناسب گندم برای مصارف نانوایی بهینه کمک کند.

آزمون رسوب‌گذاری زلنی، به نام دانشمند روسی واسیلی گریگوریویچ زلنی، یک روش استفاده می‌شود تا قدرت گلوتن در آرد را تعیین کند. این آزمون ارزش رسوب را در معلق آرد و آب اندازه می‌گیرد و به عنوان نشانگر کیفیت گلوتن در آرد گندم مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این آزمون، مقدار خاصی از آرد با آب مخلوط می‌شود و به مدت زمانی خاصی استراحت می‌دهد. در این مدت، گلوتن موجود در آرد در پایین معلق رسوب می‌کند. ارتفاع رسوب تشکیل شده سپس اندازه گرفته می‌شود و این مقدار، قدرت گلوتن را نشان می‌دهد. معمولاً مقدار بیشتر رسوب، گلوتن قوی‌تر را نشان می‌دهد. آزمون زلنی یک ابزار مهم در ارزیابی کیفیت پخت‌وپز آرد است. این آزمون به تعیین قدرت گلوتن کمک می‌کند که برای برنامه‌های مختلف پخت‌وپز، به ویژه در نان‌پزی، بسیار حیاتی است. آرد با مقادیر زلنی بالاتر معمولاً نان با حجم و بافت خوبی تولید می‌کند. به طور خلاصه، آزمون زلنی به عنوان یک ابزار اضافی، به همراه آزمون‌های دیگر مانند شاخص گلوتن، در ارزیابی کیفیت آرد گندم و مناسبت آن برای اهداف خاص پخت‌وپز به‌کار می‌رود. شاخص رسوب‌گذاری زلنی (ZSI) یک اندازه‌گیری است که برای ارزیابی ویژگی‌های رسوب‌گذاری آرد گندم استفاده می‌شود و ویژگی‌های گلوتن و پروتئین آن را نشان می‌دهد. این یک پارامتر مهم در صنعت گندم است، به ویژه برای ارزیابی ویژگی‌های آسیاب‌کاری و پخت گندم استفاده می‌شود. ZSI توسط یک آزمون تعیین می‌شود که شامل اندازه‌گیری رسوب ذرات آرد در یک محلول خاص است. شاخص زلنی برای گندم بهاره ممکن است براساس عوامل مختلفی مانند تنوع گندم، شرایط رشد و منطقه متغیر باشد. به طور معمول برای گندم با کیفیت بالا برای تهیه نان، مقدار ZSI بین ۲۰ تا ۸۰ میلی‌لیتر واقع می‌شود، با این حال این مقادیر ممکن است بر اساس شرایط خاص متفاوت باشند. مقدار بالاتر ZSI به معنای استحکام گلوتن و محتوای پروتئین بهتر است، که برای مصارف پخت‌وپز، به ویژه در تهیه نان، مطلوب هستند. لازم به ذکر است که ZSI فقط یکی از چندین پارامتر استفاده شده در ارزیابی کیفیت گندم است و ویژگی‌های دیگر مانند محتوای پروتئین، استحکام گلوتن و شمارش ریزش هم نقش‌های حیاتی در تعیین مناسب‌بودن گندم برای مصارف خاص در صنعت غذایی دارند. اما مهم این است که محدوده ایده‌آل رسوب‌گذاری زلنی ممکن است براساس ترجیحات منطقه‌ای، انواع گندم و استفاده مورد نظر از آرد متفاوت باشد. آزمون زلنی قدرت گلوتن را اندازه‌گیری می‌کند و مقادیر بالاتر معمولاً بهترین کیفیت گلوتن را برای کاربردهای خاص پخت و پز نشان می‌دهند که حجم و بافت مناسب نان را تضمین می‌کنند.

جدول ۱۰. تغییرات صفات کیفی گندم آبی رقم بهاران در سال های ۱۴۰۱-۱۴۰۰ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱

صفت کیفی	دامنه مطلوب	سال	
		۱	۲
گلوتن مرطوب	۳۰-۲۴	۲۳.۴۵	۲۷.۰۴
رسوب زلنی	۸۰-۲۰	۱۹.۶۲	۲۵.۶۳
جذب آب	۶۵-۶۰	۶۴.۲۷۴	۶۳.۶۱۹
رسوب SDS	۶۰-۴۵	۳۵.۵	۷۱.۰۵
درصد پروتئین	۱۴-۱۰ درصد	۱۱.۲۵	۱۱.۵۱۲
شاخص گلوتن	۹۰-۶۰	۱۴.۸۴	۵۹.۷۳
سن زدگی	بیشتر از ۳ درصد	۶.۱۴	۱.۱۱
رطوبت دانه	۱۴-۱۲ درصد	۷.۲۸۶	۸.۱۹
وزن هکتولیتر	۸۵-۷۵	۸۰.۴۵۲	۸۱.۴۱۷
شاخص سختی	بیشتر از ۴۰	۴۸.۱۸	۴۵.۵۴
حجم نان	بیشتر از ۵۰۰ میلی لیتر در ۵۰۰ گرم آرد	۵۲۰.۹	۵۱۳.۸
وزن هزار دانه	۷۰-۴۵ گرم	۵۰.۳۰	۴۷.۲۱

نتایج مندرج در جداول ۱۰ و ۱۱ نشان داد که:

۱. میانگین صفت گلوتن مرطوب گندم در سال اول کمی کمتر از کمینه مطلوب بوده ولی در سال دوم در دامنه مطلوب قرار داشته و حتی بیشتر از میانگین کل گلوتن مرطوب تمامی تیمارهای آزمایشی(۲۵.۲) بود. همچنین بیشترین گلوتن مرطوب گندم به تیمار گیاه پوششی کودسبز ارزن علوفه ای (۳۰.۲۹) تعلق داشته که حتی بیشتر از دامنه مطلوب بود.

۲. در خصوص رسوب زلنی عدد میانگین زلنی در سال اول کمی کمتر از کمینه مطلوب بود ولی در سال دوم درون دامنه مطلوب قرار داشت. همچنین بیشترین عدد میانگین زلنی گندم از تیمار کشت مخلوط یولاف – شبدر برسیم (۲۵) حتی بیشتر از میانگین کل تیمارهای آزمایش (۲۲.۵) به دست آمد.

۳. میانگین جذب آب در هردوی سال های اول و دوم در دامنه حد مطلوب قرار داشت. ولی بیشترین جذب آب (۶۵.۲) به تیمار یولاف تعلق داشت.

۴. میانگین رسوب SDS در سال اول کمتر از حد مطلوب (۳۵.۵) بوده که براساس گزارش آزمایشگاه شیمی و تکنولوژی غلات به دلیل وقوع خسارت آفت سن گندم در روزهای آخر رشد گیاه یعنی پس از اجرای سمپاشی

آزمایش بوده است. در حالی که در سال دوم حتی بیشتر از حد بیشینه مطلوب (۷۱.۰۵) بود. بیشترین عدد میانگین رسوب زلنی در تیمارهای آزمایش به تیمار کلزا (۶۰.۷) تعلق داشت.

۵. میانگین درصد یا غلظت پروتئین دانه گندم در هر دوی سال های اول و دوم در دامنه مطلوب قرار داشت. در حالی که بیشترین درصد پروتئین دانه گندم (۱۲.۲ درصد) به طور یکسان مربوط به تیمارهای یولاف، ماشک گل خوشه ای و ارزن علوفه ای تعلق داشت.

۶. در مورد صفت شاخص گلوتن در سال اول شاخص گلوتن افت زیادی را نشان داده که می تواند ناشی از سن زدگی گندم باشد در حالی که در سال دوم در حد کمینه دامنه مطلوب قرار داشت. همچنین بر اساس میانگین دوساله اعداد شاخص گلوتن بیشترین میزان به (۵۵.۳) تیمار گیاه پوششی کودسبز ماشک گل خوشه ای تعلق داشت.

۷. میزان سن زدگی در سال اول بیشتر از حداقل درصد خسارتزایی بوده ولی در سال دوم کمتر بود. همچنین براساس میانگین دوساله آزمایش، کمترین میزان خسارت آفت سن مربوط به تیمارهای ماش برسیم (۲.۷) و ارزن برسیم (۲.۸) بود.

۸. میانگین درصد رطوبت دانه در هردسال اجرای آزمایش کمتر از دامنه رطوبت دانه بود.

۹. میانگین صفت وزن هکتولیتر در هردوسال اجرای آزمایش در دامنه مطلوب قرار داشت. همچنین بیشترین میزان وزن هکتولیتر به میزان ۸۱.۵ به تیمار یولاف – کلزا تعلق داشت.

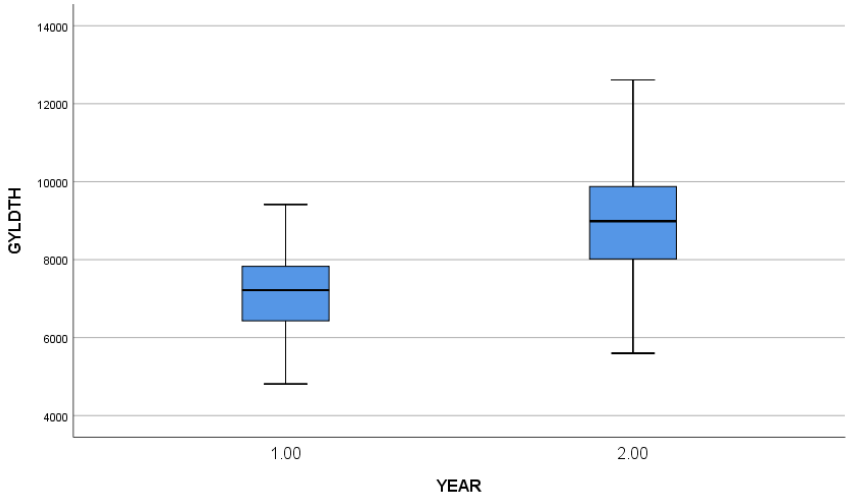
۱۰. با توجه به این که میانگین شاخص سختی دانه گندم در کمتر از ۴۰ مطلوب نمی باشد در هر دو سال اجرای آزمایش میانگین این صفت بیشتر از عدد کمینه مطلوب بود. همچنین بیشترین شاخص سختی دانه گندم (۵۱.۲) به تیمار گیاه پوششی کودسبز یولاف تعلق داشت.

۱۱. میانگین اعداد مربوط به صفت حجم نان نیز در هردوسال اجرای آزمایش بیشتر از حد کمینه مطلوب بود. در حالی که بیشترین میانگین صفت حجم نان (۵۳۲.۲) مربوط به تیمار کشت مخلوط گیاهان پوششی کودسبز ماشک گل خوشه ای – ارزن علوفه ای بود.

جدول ۱۱. میانگین دو ساله (۱۴۰۲-۱۴۰۱) صفات کیفی گندم آبی رقم بهاران تحت تأثیر تیمارهای گیاه پوششی کودسبز، آیش تابستانه و کود دامی

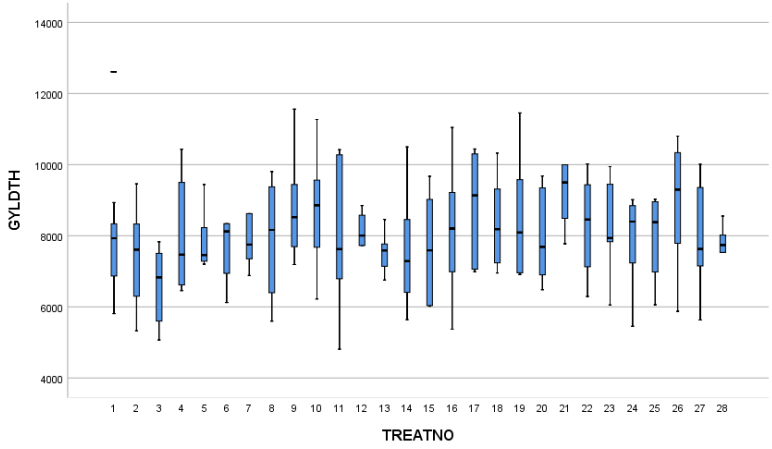
تیمارهای آزمایش	صفات کیفی	گلوتن مرطوب	رسوب زلنی	جذب آب	رسوب SDS	درصد پروتئین	شاخص گلوتن	سن زدگی	رطوبت دانه	وزن هکتولیتر	شاخص سختی	حجم نان	وزن هزار دانه
میانگین کل	25.2	22.6	63.9	53.3	11.4	37.3	3.6	7.7	80.9	46.9	517.3	48.8	
کوددامی گندم	28	24.38	20.33	63.8	46.2	10.7	32.7	3.3	7.7	81.3	46.2	520.3	48.7
آیش گندم	27	24.96	23.83	63.3	54.8	11.2	37.6	3.2	7.7	81.0	46.3	527.7	48.5
ارزن بوسیم	26	25.32	22.17	63.8	56.2	11.2	30.9	2.8	7.3	81.5	46.5	517.8	49.9
ماشک بوسیم	25	22.37	22.5	64.3	53.3	11.3	39.1	3.0	7.2	81.3	47.3	513	49.6
ماشک ارزن	24	25.04	22.17	63.2	52.3	11.0	47.1	4.2	7.7	79.7	44.8	532.2	47.8
ارزن ماش	23	23.22	21.17	63.5	50.3	11.0	43.2	4.2	7.8	81.0	46.2	520.2	48.5
گلرنگ بوسیم	22	29.05	22.5	63.3	51.3	11.2	35.5	4.8	7.8	81.0	45.7	528.7	48.6
گلرنگ ارزن	21	29.87	22	63.8	50.7	11.2	24.6	4.2	7.7	81.2	46.8	515	49.2
گلرنگ ماشک	20	25.04	20.33	63.5	50.5	11.2	31.6	2.9	8.2	80.8	45.2	527.8	50.1
ماش بوسیم	19	25.54	22.67	63.7	52.2	11.2	40.2	2.7	8.0	80.8	45.5	516.2	49.0
کلزا بوسیم	18	23.88	23.5	63.0	53.3	11.2	33.2	3.7	7.8	81.0	44.8	525.2	49.9
ماش ماشک	17	23.21	23.33	63.3	55.5	11.0	30.9	3.1	8.0	80.7	45.3	526	49.2
کلزا ارزن	16	24.37	22.17	63.5	51.2	11.3	44.4	3.5	7.5	81.2	46.3	524	49.1
گلرنگ ماش	15	22.87	23.67	64.3	49.7	11.3	52.9	3.1	7.7	80.7	46.7	509.7	49.1
کلزا ماشک	14	24.54	23.17	63.8	53.2	11.2	32.9	4.4	8.0	81.3	46.8	507	50.1
کلزا ماش	13	26.22	22.67	63.7	51.5	11.0	39.5	3.5	7.8	81.2	46.2	519.7	48.1
یولاف ماشک	12	26.54	22.5	63.7	53.8	11.2	39.0	3.5	7.8	80.8	45.2	509	48.8
یولاف گلرنگ	11	27.05	21	64.2	51.2	11.3	42.7	3.7	7.7	81.0	47.0	518.7	48.2
یولاف ماش	10	23.22	22.33	63.8	54.7	11.2	43.5	3.2	7.7	80.5	46.7	520	48.4
یولاف کلزا	9	23.72	23	64.2	56.8	11.7	38.7	3.9	8.0	81.5	47.0	512.3	46.9
یولاف بوسیم	8	23.54	25	64.0	54.3	11.7	20.6	3.9	7.5	80.5	46.8	516.5	47.6
ماش	7	25.72	24.67	64.3	53.2	11.7	39.3	3.0	7.8	80.3	46.8	511.7	47.3
ارزن	6	30.29	23.17	64.2	53.7	12.2	37.8	3.8	7.7	80.8	47.7	519.2	49.5
گلرنگ	5	24.15	23.17	64.8	54.8	11.8	43.5	4.1	7.5	81.0	48.7	499.7	49.0
کلزا	4	25.31	23	64.7	60.7	11.8	26.6	4.2	8.0	81.3	49.2	514	49.8
برسیم	3	24.88	22.67	64.8	56.8	11.8	26.3	4.2	7.7	81.3	49.3	513.7	45.4
ماشک	2	28.2	22.67	64.7	56.2	12.2	55.3	4.5	7.8	80.7	49.8	519.2	49.2
یولاف	1	24.26	22.17	65.2	53.3	12.2	34.7	3.2	7.7	80.7	51.2	501.5	49.9

براساس بررسی نتایج میانگین دوساله داده های مندرج در جدول ۱۰ به نظر می رسد صفات مرتبط با غلظت و کیفیت پروتئین و نیز شاخص سختی دانه و جذب آب بیشتر تحت اثر افزایشی تیمارهای کشت های خالص گیاهان پوششی کود سبز قرار داشتند. در حالی که صفات سن زدگی، رطوبت دانه، وزن هکترلیتر، حجم نان و وزن هزار دانه بیشتر تحت اثر افزایشی کشت های مخلوط قرار داشتند. بنابراین به نظر می رسد به منظور بهبود صفات کیفی گندم لازم است از هر دوی کشت های خالص و مخلوط گیاهان پوششی کود سبز در تابستان هر سال زراعی بهره گیری شود.



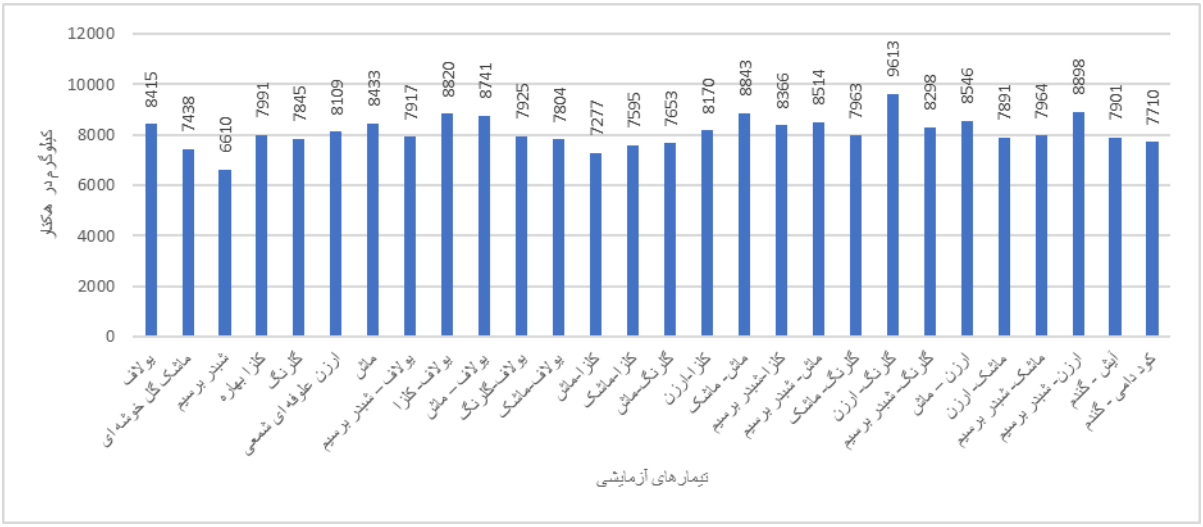
شکل۵. میانگین عملکرد دانه گندم رقم بهاران در سال های اجرای آزمایش

شکل ۵ به خوبی نشان می دهد که به طور کلی و در کل آزمایش، عملکرد دانه گندم در سال زراعی دوم در مقایسه با سال زراعی اول افزایش داشته که می توان آن را به حضور گیاهان پوششی کود سبز در کشت خالص و کشت مخلوط دوگانه آنها پیش از گندم و در توالی با آن گیاه اصلی منتسب نمود.



شکل۶. تغییرات عملکرد دانه گندم در هر یک از تیمارهای آزمایشی براساس میانگین دوساله

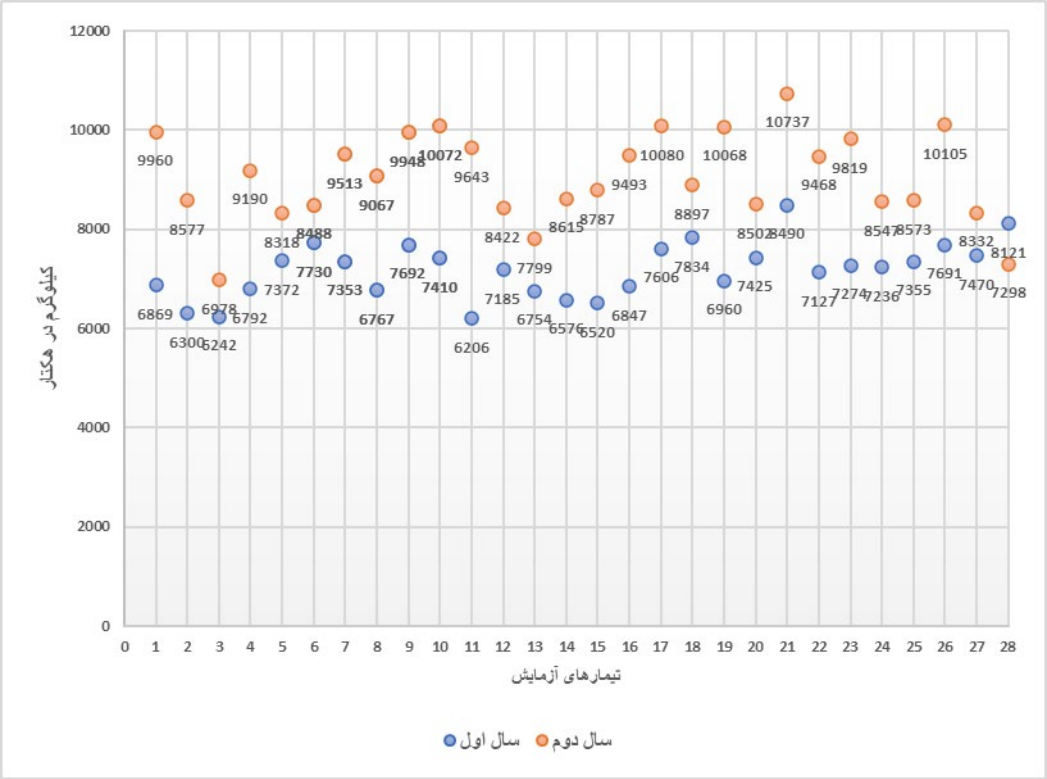
شکل ۶ نشان می دهد که به طور کلی و براساس نتایج دوساله اجرای این پژوهش، تیمارهای مورد بررسی اثرات موروثی یکسانی را بر عملکرد دانه گندم نداشتند.



شکل۷. میانگین دوساله عملکرد دانه گندم تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

- میانگین حداقل تفاوت معنی دار عملکرد دانه گندم: ۱۳۶۴ کیلوگرم در هکتار، خطای استاندارد: ۴۸۵.۶ ، میانگین خطای استاندارد تفاوت تیمارها: ۶۸۸.۲

نتایج شکل ۷ نشان می دهد که بیشترین میانگین دوساله عملکرد دانه گندم به میزان ۹۶۱۳ کیلوگرم در هکتار به تیمار گلرنگ- ارزن علوفه ای تعلق داشته در مقایسه با تیمارهای شاهد آیش علف هرز و کود دامی به ترتیب با میانگین های دوساله عملکرد دانه گندم ۷۹۰۱ و ۷۷۱۰ کیلوگرم در هکتار، تفاوت های عملکرد ۱۷۱۲ و ۱۹۰۳ کیلوگرم در هکتار را نشان دادند.



شکل ۸. میانگین عملکرد دانه گندم در سال های اجرای آزمایش

خطای استاندارد موثر: ۶۸۶.۷ ، میانگین خطای استاندارد تفاوت عملکرد دانه گندم تیمارهای آزمایش: ۹۷۱.۲ ، میانگین حداقل تفاوت معنی دار (۵٪): ۱۹۲۹ کیلوگرم در هکتار، ضریب تغییرات: ۱۴.۶۸٪

در شکل ۸ به طور کلی شاهد افزایش عملکرد دانه گندم در سال دوم آزمایش در مقایسه با سال اول و در تمامی تیمارها بوده که نشان می دهد در صورت ثابت در نظر گرفتن واحدهای آزمایشی در اجرای تیمارها و برای سال های زراعی متمادی می توان شاهد افزایش عملکرد دانه گندم بوده که البته نوسانات مشاهده شده تحت تأثیر تیمار مربوطه قرار دارد.

جدول۱۲. جدول مجموع، تفاوت و میانگین عملکرد دانه گندم رقم بهاران در سال های اجرای آزمایش

تیمار	سال اول	سال دوم	تفاوت عملکرد	مجموع عملکرد دو سال
میانگین کل	۷۱۸۶	۹۰۴۵	۱۸۵۹	۱۶۲۳۱
کود دامی	۸۱۲۰	۷۳۰۰	۸۲۰-	۱۵۴۲۰
آبیش علف هرز	۷۴۷۰	۸۳۳۰	۸۶۰	۱۵۸۰۰
ارزن – شبدر برسیم	۷۶۹۰	۱۰۱۰۰	۲۴۱۰	۱۷۷۹۰
ماشک – شبدر برسیم	۷۳۵۴	۸۵۷۰	۱۲۱۶	۱۵۹۲۴
ماشک – ارزن	۷۲۳۶	۸۵۵۰	۱۳۱۴	۱۵۷۸۶
ارزن – ماش	۷۲۷۴	۹۷۰۰	۲۴۲۶	۱۶۹۷۴
گلرنگ – شبدر برسیم	۷۱۲۷	۹۴۷۰	۲۳۴۳	۱۶۵۹۷
گلرنگ – ارزن	۸۴۹۰	۱۰۷۴۰	۲۲۵۰	۱۹۲۳۰
گلرنگ – ماشک	۷۴۲۵	۸۵۰۰	۱۰۷۵	۱۵۹۲۵
ماش – شبدر برسیم	۶۹۶۰	۱۰۰۷۰	۳۱۱۰	۱۷۰۳۰
کلزا–شبدر برسیم	۷۸۳۵	۸۹۰۰	۱۰۶۵	۱۶۷۳۵
ماش – ماشک	۷۶۰۶	۱۰۰۸۰	۲۴۷۴	۱۷۶۸۶
کلزا–ارزن	۶۸۴۷	۹۴۹۰	۲۶۴۳	۱۶۳۳۷
گلرنگ–ماش	۶۵۲۰	۸۷۹۰	۲۲۷۰	۱۵۳۱۰
کلزا–ماشک	۶۵۷۵	۸۶۲۰	۲۰۴۵	۱۵۱۹۵
کلزا–ماش	۶۷۵۴	۷۸۶۰	۱۱۰۶	۱۴۶۱۴
یولاف–ماشک	۷۱۸۵	۸۴۲۰	۱۲۳۵	۱۵۶۰۵
یولاف–گلرنگ	۶۲۰۶	۹۶۴۰	۳۴۳۴	۱۵۸۴۰
یولاف – ماش	۷۴۱۰	۱۰۰۷۰	۲۶۶۰	۱۷۴۸۰
یولاف – کلزا	۷۶۹۲	۹۹۵۰	۲۲۵۸	۱۷۶۴۲
یولاف – شبدر برسیم	۶۷۶۷	۹۰۷۰	۲۳۰۳	۱۵۸۳۷
ماش	۷۲۵۳	۹۵۱۰	۲۱۵۷	۱۶۸۶۳
ارزن علوفه ای شمعی	۷۷۳۰	۸۴۹۰	۷۶۰	۱۶۲۲۰
گلرنگ	۷۳۷۲	۸۳۲۰	۹۴۸	۱۵۶۹۲
کلزا بهاره	۶۷۹۲	۹۱۹۰	۲۳۹۸	۱۵۹۸۲
شبدر برسیم	۶۲۴۲	۶۹۸۰	۷۳۸	۱۳۲۲۲
ماشک گل خوشه ای	۶۳۰۰	۸۵۸۰	۲۲۸۰	۱۴۸۸۰
یولاف	۶۸۶۹	۹۹۶۰	۳۰۹۱	۱۶۸۲۹
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	

براساس نتایج مندرج در جدول ۱۲ در سال اول عملکرد دانه گندم پس از تیمارهای شماره ۵تا۱۰، ۱۲، ۱۷، ۱۸ و ۲۰ تا ۲۸ بیشتر از میانگین کل (۷۱۸۶ کیلوگرم در هکتار) بود. در سال دوم عملکرد دانه گندم در تیمارهای ۱، ۴، ۷ تا ۱۱، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۲، ۲۳ و ۲۶ بیشتر از میانگین کل (۹۰۴۵ کیلوگرم در هکتار) بود. تفاوت عملکرد دانه گندم در سال های اول و دوم ۱۸۳۶ کیلوگرم در هکتار بود که نشان می دهد در شرایط ثابت بودن واحدهای آزمایشی و اجرای تیمار مشابه در هر واحد آزمایشی که در این تحقیق ۲۸ عدد بود به طور کلی موجبات افزایش عملکرد دانه گندم کشت و برداشت شده پس از این تیمارها فراهم آمده که به طور قطع یقین به اثر موروثی تیمارها بویژه تیمارهای گیاهان پوششی کود سبز در کشت های خالص و مخلوط و نیز اثر آیش علف هرز مربوط می باشد. در حالی که اثر کود دامی در سال اول بر عملکرد دانه گندم بیشتر از میانگین کل بوده ولی در سال دوم کمتر از میانگین کل بوده به طوری که تفاوت میانگین عملکرد دانه گندم سال دوم در تیمار کودی مشابه مصرف کود دامی پیش از گندم ۸۲۰ کیلوگرم در هکتار کمتر از میانگین سال اول بود. همچنین مجموع عملکرد دانه گندم دو ساله نیز از میانگین کل کمتر بود. در مورد تیمار آیش علف هرز رویه مشابهی وجود داشته ولی عملکرد دانه گندم سال دوم ۸۶۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر از سال اول بوده ولی همچنان مجموع عملکرد دانه گندم دو ساله کمتر از میانگین کل بوده و در واقع نشان می دهد که تنها در صورت عدم وجود آب آبیاری در طول فصل تابستان بایستی از آیش علف هرز بهره برده ولی در صورت فراهم بودن آب آبیاری بهترین راهکار اجرای کشت های خالص و مخلوط گیاهان پوششی کودسبز می باشد. نتایج بررسی های بعدی نشان داد که گیاه گلرنگ از ویژگی های منحصر به فردی برخوردار بوده که در شرایط کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص آن می تواند اثرات مثبت قابل توجه و بهتری را بر عملکرد دانه گندم داشته باشد، به طوری که عملکرد گندم پس از کشت خالص گلرنگ در سال های اول و دوم به ترتیب ۷۳۷۲ و ۸۳۲۰ کیلوگرم در هکتار بوده در حالی که عملکرد دانه گندم پس از کشت های مخلوط گلرنگ به مراتب بیشتر از کشت خالص آن بوده که نشانگر پتانسیل بالای نهفته در هم افزایی این گیاه در شرایط کشت مخلوط با دیگر گیاهان پوششی کودسبز مناسب است. بیشترین عملکرد دانه گندم در سال های اول و دوم از تیمار مشابه کشت مخلوط گلرنگ – ارزن علوفه ای به ترتیب به میزان ۸۴۹۰ و ۱۰۷۴۰ و در مجموع دو سال ۱۹۲۳۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که به خوبی نشانگر بهترین تیمار در بین تیمارهای کشت مخلوط گلرنگ با دیگر گیاهان درون ترکیبات تیماری مورد بررسی است. از دیگر مزایای این ترکیب تیماری یعنی کشت مخلوط گلرنگ – ارزن علوفه ای مصرف آب کم آن در طول دوره تا ۷۰ روزه از اواسط تابستان تا اواخر مهرماه است که به طور حتم به ویژگی های موروثی گلرنگ و ارزن علوفه ای باز گشته در حالی که براساس گزارشات قبلی (غتک و همکاران، ۲۰۲۲) ارزن علوفه ای دارای ویژگی ممانعت بیولوژیکی از تولید نیترات و اکسید نیتروژن و شستشوی آن ها (تبدیل میکروبی شکل های احیایی نیتروژن به نیترات) به منظور حفظ نیتروژن (Biological Nitrification Inhibition) از طریق آزاد سازی ترکیبات فعال در ترشحات ریشه بوده که سه هفته پس از به زیر خاک بردن و اتمام دوره رشد آن به عنوان گیاه پوششی کودسبز در دسترس گندم قرار می گیرد. بررسی های بعدی نشان داد که کشت مخلوط یولاف – گلرنگ دارای بیشترین تفاوت عملکرد دانه گندم مربوط به سال های اول و دوم آزمایش بود (۳۴۳۴ کیلوگرم در هکتار) که نشان می دهد در حالی که در سال اول عملکرد دانه گندم این تیمار از میانگین کل همان سال کمتر بود ولی در سال دوم از بیشتر از میانگین کل آن شده که شاید نشانه ای از واکنش متفاوت گندم (از نظر زمانی) به ترشحات ریشه گیاهان پوششی کود سبز باشد به طوری که برخی گیاهان پوششی کودسبز در همان سال اول اثرات خود را نشان داده ولی برخی دیگر

نیازمند مدت زمان بیشتری هستند که به نظر می رسد این رفتار در مورد تیمارهای گلرنگ – ارزن علوفه ای (مشاهده اثر مثبت تیماری بر عملکرد دانه گندم در هر دو سال آزمایش) و گلرنگ – یولاف (مشاهده اثر مثبت تیماری در سال دوم آزمایش) وجود دارد. همین رفتار در مورد تیمار کشت خالص یولاف مشاهده شده بدین معنی که عملکرد دانه گندم پس از کشت خالص یولاف در سال اول کمتر از میانگین کل سال اول بوده ولی در سال دوم بیشتر بود. حال آن که در خصوص کشت خالص ارزن علوفه ای عملکرد دانه گندم در سال اول بیشتر از میانگین کل بود ولی در سال دوم کمتر بود. بنابراین و به بیان دیگر بایستی علاوه بر گونه مورد توصیه بایستی به کشت خالص و مخلوط همان گونه با دیگر گونه ها نیز توجه داشته که در اینجا به معنی توصیه بر هر دوی کشت های خالص و مخلوط یولاف با دیگر گونه های مناسب شده ولی به طور حتم کشت مخلوط گلرنگ – ارزن علوفه ای توصیه می شود.

در مورد کشت خالص ماشک واثر آن بر عملکرد دانه گندم به میزان ۶۳۰۰ و ۸۵۸۰ کیلوگرم در هکتار در سال های اول و دوم و تیمارهای کشت مخلوط آن به ترتیب از بیشترین به کمترین عملکرد دانه به میزان ۷۶۰۶، ۷۴۲۵، ۷۳۵۴، ۷۱۸۵ و ۶۵۷۵ کیلوگرم در هکتار در سال اول به ترتیب از تیمارهای ماش – ماشک، گلرنگ – ماشک، ماشک - شبدر برسیم، یولاف – ماشک و کلزا – ماشک به دست آمد. در سال دوم عملکرد ها به ترتیب به میزان ۱۰۰۸۰، ۹۶۴۰، ۸۶۲۰، ۸۵۷۰ و ۸۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب از تیمارهای ماش – ماشک، یولاف – ماشک، کلزا – ماشک، ماشک – شبدر برسیم و گلرنگ – ماشک به دست آمد.

در خصوص نقش گیاهان پوششی کودسبز مانند ارزن علوفه ای در مورد مکانیسم BNI یا مهارت زیست‌شیمیایی نیتریفیکاسیون، پدیده‌ای است که در برخی گیاهان، به‌ویژه برخی از گیاهان علفی، مشاهده می‌شود. در این گیاهان، ترکیباتی از ریشه‌هایشان به‌صورت ترشحاتی منتشر می‌شود که فعالیت باکتری‌های نیتریفیکاسیون در خاک را مهار می‌کنند. این مهارت باعث کاهش سرعت تبدیل آمونیوم به نیترات شده و در نتیجه باعث کاهش از دست رفتن نیتروژن از طریق آبشویی و دنیتریفیکاسیون می‌شود. بعضی از گیاهان پوششی، از جمله برخی از گونه‌های علفی مانند ارزن علوفه ای، دارای مهارت BNI هستند. این گیاهان با ترشح ترکیبات شیمیایی از ریشه‌هایشان، فعالیت میکروب‌های خاکی مسئول برای نیتریفیکاسیون را کاهش می‌دهند، که این کار به نگهداری نیتروژن به شکلی که برای گیاهان قابل دسترسی است (آمونیوم) در خاک کمک می‌کند. در زمینه گندم و سایر محصولات اصلی، کاشت گیاهان پوششی دارای توانایی BNI می‌تواند تأثیرات غیرمستقیمی بر روی سطوح هورمونی و رشد آن داشته باشد. با کاهش از دست رفتن نیتروژن و بهبود دسترسی به نیتروژن در خاک، این گیاهان پوششی می‌توانند به‌صورت غیرمستقیم بر تولید و دسترسی به هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد گیاهان مانند اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها تأثیر بگذارند. بهبود وضعیت نیتروژنی و سلامت خاک به دلیل کاهش نیتریفیکاسیون می‌تواند به‌صورت مثبت بر روی رشد و توسعه کلی محصولات بعدی، شامل گندم، تأثیر بگذارد. با این حال، رابطه مستقیم بین BNI و تغییرات هورمونی خاص در محصولات بعدی مانند گندم، ممکن است نیازمند تحقیقات بیشتر باشد تا به‌صورت کامل درک شود که چگونه این فرآیندهای پیچیده با یکدیگر تعامل دارند.

سیستم میکروبی ریزوسفر نقش حیاتی در حمایت از سلامت و رشد گیاهان دارد. این سیستم شامل میکروارگانیسم‌هایی است که در خاک اطراف ریشه‌های گیاهان زندگی می‌کنند و تأثیر عمیقی بر توسعه گیاه، جذب عناصر غذایی و مقابله با عوامل بیماری‌زا دارد. در ادامه، یک مرور با ارجاعات آورده شده است:

- برهمکنش های گیاه-میکروب: برهمکنش های بین گیاهان و سیستم میکروبی ریزوسفر برای سلامت گیاهان حیاتی است. این میکروارگانیسم‌ها، شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها، آرکئا و ویروس‌ها، ارتباطات پیچیده‌ای با گیاهان برقرار می‌کنند که بر دسترسی به عناصر غذایی، تولید هورمون و مقاومت در برابر بیماری‌ها تأثیرگذارند Berendsen) و همکاران، ۲۰۱۲؛ Bulgarelli و همکاران، ۲۰۱۳).
- جذب عناصر غذایی: سیستم میکروبی ریزوسفر در چرخه عناصر غذایی و جذب آن‌ها برای گیاهان کمک می‌کند. میکروب‌ها می‌توانند عناصر غذایی را محلول کنند، نیتروژن جو را تثبیت کنند و دسترسی به عناصر ضروری را افزایش دهند که منجر به رشد بهتر گیاه می‌شود Bais) و همکاران، ۲۰۰۶؛ Richardson و همکاران، ۲۰۰۹).
- کنترل بیماری: برخی از میکروب‌ها در ریزوسفر به عنوان عوامل بیوکنترل عمل می‌کنند و با رقابت با آن‌ها یا تولید ترکیبات ضدمیکروبی، بیماری‌زایان خاک را کاهش می‌دهند و در نتیجه گیاهان را از بیماری‌ها محافظت می‌کنند Mendes) و همکاران، ۲۰۱۱؛ Pieterse و همکاران، ۲۰۱۴).
- مقاومت سیستمی فراگیر: میکروب‌های ریزوسفر می‌توانند مکانیزم دفاعی گیاه را فعال کرده و مکانیزمی به نام مقاومت سیستمی فراگیر (ISR)را فعال کنند که گیاه را در برابر عوامل بیماریزا و آفات مختلف تقویت می‌کند Van der Ent) و همکاران، ۲۰۰۹؛ Conrathو همکاران، ۲۰۱۵).
- تحمل در برابر تنش: سیستم میکروبی ریزوسفر نیز به افزایش تحمل گیاهان در برابر تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی، شوری و فلزات سنگین کمک می‌کند با ارتقاء مکانیزم‌های پاسخ تنشی گیاه Nadeem) و همکاران، ۲۰۱۴؛ Dimkpa و همکاران، ۲۰۱۹).

جدول۱۳. درصد تغییرات و تفاوت عملکرد دانه و شاخص افزایش بهره وری گندم بهاران پس از تیمارهای کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کودسبز در مقایسه با کشت خالص

تیمارهای کشت خالص و مخلوط	عملکرد دانه گندم سال اول	عملکرد دانه گندم سال دوم	درصد تغییرات عملکرد گندم در سال اول	درصد تغییرات عملکرد گندم در سال دوم	تفاوت درصد سال اول و دوم	مجموع عملکرد دانه گندم دو سال	شاخص افزایش بهره وری گندم در سال اول $WPEI^{*}_{Y1}$	شاخص افزایش بهره وری گندم در سال دوم $WPEI_{Y2}$	میانگین شاخص افزایش بهره وری گندم Mean WPEI (%)
خالص گلرنگ	۷۳۷۲	۸۳۲۰	۱۰۰	۱۰۰	0	15692	1	1	100.0
یولاف – گلرنگ	۶۲۰۶	۹۶۴۰	۸۴.۲	۱۱۵.۹	۳۱.۷	15846	0.84	1.16	100.0
گلرنگ – ماش	۶۵۲۰	۸۷۹۰	۸۸.۴	۱۰۵.۷	۱۷.۳	15310	0.88	1.06	97.0
گلرنگ – ماشک	۷۴۲۵	۸۵۰۰	۱۰۰.۷	۱۰۲.۲	۱.۵	15925	1.01	1.02	101.5
گلرنگ – ارزن	۸۴۹۰	۱۰۷۴۰	۱۱۵.۲	۱۲۹.۱	۱۳.۹	19230	1.15	1.29	122.0
گلرنگ – شبدر برسیم	۷۱۲۷	۹۴۷۰	۹۷.۳	۱۱۳.۸	۱۶.۵	16597	0.97	1.14	105.5
خالص ارزن علوفه ای	۷۷۳۰	۸۴۹۰	۱۰۰	۱۰۰	0	16220	1	1	100.0
کلزا – ارزن	۶۸۴۷	۹۴۹۰	۸۸.۶	۱۱۱.۸	۲۳.۲	16337	0.89	1.12	100.5
گلرنگ – ارزن	۸۴۹۰	۱۰۷۴۰	۱۰۹.۸	۱۲۶.۵	۱۶.۷	19230	1.10	1.27	118.5
ارزن – ماش	۷۲۷۴	۹۷۰۰	۹۴.۱	۱۱۴.۳	۲۰.۲	16974	0.94	1.14	104.0
ماشک – ارزن	۷۲۳۶	۸۵۵۰	۹۳.۶	۱۰۰.۷	۷.۱	15786	0.94	1.01	97.5
ارزن – شبدر برسیم	۷۶۹۰	۱۰۱۰۰	۹۹.۵	۱۱۹	۱۹.۵	17790	0.995	1.19	109.3
خالص ماش	۷۳۵۳	۹۵۱۰	۱۰۰	۱۰۰	0	16863	1	1	100.0
یولاف – ماش	۷۴۱۰	۱۰۰۷۰	۱۰۰.۸	۱۰۵.۹	۵.۱	17480	1.06	1.01	103.5
کلزا – ماش	۶۷۵۴	۷۸۶۰	۹۱.۹	۸۲.۷	-۹.۲	14614	0.83	0.92	87.5
گلرنگ – ماش	۶۵۲۰	۸۷۹۰	۸۸.۷	۹۲.۴	۳.۷	15310	0.92	0.89	90.5
ماش – ماشک	۷۶۰۶	۱۰۰۸۰	۱۰۳.۴	۱۰۶	۲.۶	17686	1.06	1.03	104.5
ماش – شبدر برسیم	۶۹۶۰	۱۰۰۷۰	۹۴.۷	۱۰۵.۹	۱۱.۲	17030	1.06	0.95	100.5
ارزن – ماش	۷۲۷۴	۹۷۰۰	۹۸.۹	۱۰۲	۳.۱	16974	1.02	0.99	100.5
خالص ماشک	۶۳۰۰	۸۵۸۰	۱۰۰	۱۰۰	0	14880	1	1	100.0
یولاف – ماشک	۷۱۸۵	۹۶۴۰	۱۱۴	۱۱۲.۴	-۱.۶	16825	1.140	1.124	113.2
کلزا – ماشک	۶۵۷۵	۸۶۲۰	۱۰۴.۴	۱۰۰.۵	-۳.۹	15195	1.044	1.005	102.5
ماش – ماشک	۷۶۰۶	۱۰۰۸۰	۱۲۰.۷	۱۱۷.۵	-۳.۲	17686	1.207	1.175	119.1
گلرنگ – ماشک	۷۴۲۵	۸۵۰۰	۱۱۷.۹	۹۹.۱	-۱۸.۸	15925	1.179	0.991	108.5

ماشک – شبدر برسیم	۷۳۵۴	۸۵۷۰	۱۱۶.۷	۹۹.۹	-۱۶.۸	15924	1.167	0.999	108.3
ماشک - ارزن	۷۲۳۶	۸۵۵۰	۱۱۴.۹	۹۹.۷	-۱۵۲	15786	1.149	0.997	107.3
خالص شبدر برسیم	۶۲۴۲	۶۹۸۰	۱۰۰	۱۰۰	0	13222	1	1	100.0
یولاف – شبدر برسیم	۶۷۶۷	۹۰۷۰	۱۰۸.۴	۱۲۹.۹	۲۱.۵	15837	1.084	1.299	119.2
کلزا – شبدر برسیم	۷۸۳۵	۸۹۰۰	۱۲۵.۵	۱۲۷.۵	۲	16735	1.255	1.275	126.5
ماش – شبدر برسیم	۶۹۶۰	۱۰۰۷۰	۱۱۵.۵	۱۴۴.۳	۳۲.۸	17030	1.115	1.443	127.9
گلرنگ – شبدر برسیم	۷۱۲۷	۹۴۷۰	۱۱۴.۲	۱۳۵.۷	۲۱.۵	16597	1.142	1.357	125.0
ماشک – شبدر برسیم	۷۳۵۴	۸۵۷۰	۱۱۷.۸	۱۲۲.۸	۵	15924	1.178	1.228	120.3
ارزن – شبدر برسیم	۷۶۹۰	۱۰۱۰۰	۱۲۳.۲	۱۴۴.۷	۲۱.۵	17790	1.232	1.447	134.0
خالص یولاف	۶۸۶۹	۹۹۶۰	۱۰۰	۱۰۰	0	16829	1	1	100.0
یولاف – شبدر برسیم	۶۷۶۷	۹۰۷۰	۹۸.۵	۹۱.۱	-۷.۴	15837	0.985	0.911	94.8
یولاف – کلزا	۷۶۹۲	۹۹۵۰	۱۱۲	۹۹.۹	-۱۲.۱	17642	1.120	0.999	106.0
یولاف – ماش	۷۴۱۰	۱۰۰۷۰	۱۰۷.۹	۱۰۱.۱	-۶.۸	17480	1.079	1.011	104.5
یولاف – گلرنگ	۶۲۰۶	۹۶۴۰	۹۰.۴	۹۶.۸	-۶.۴	15846	0.903	0.968	93.6
یولاف - ماشک	۷۱۸۵	۸۴۲۰	۱۰۴.۶	۸۴.۵	-۲۰.۱	15605	1.046	0.845	94.6
خالص کلزا	۶۷۹۲	۹۱۹۰	۱۰۰	۱۰۰	0	15982	1	1	100.0
یولاف – کلزا	۷۶۹۲	۹۹۵۰	۱۱۳	۱۰۸.۳	-۴.۷	17642	1.133	1.083	110.8
کلزا – ماش	۶۷۵۴	۷۸۶۰	۹۹.۴	۸۵.۵	-۱۳.۹	14614	0.994	0.855	92.5
کلزا – ماشک	۶۵۷۵	۸۶۲۰	۹۶.۸	۹۳.۸	-۳	15195	0.968	0.938	95.3
کلزا – ارزن	۶۸۴۷	۹۴۹۰	۱۰۰.۸	۱۰۳.۳	۲.۵	16337	1.008	1.033	102.1
کلزا – شبدر برسیم	۷۸۳۵	۸۹۰۰	۱۱۵.۴	۹۶.۸	-۱۸.۶	16735	1.154	0.968	106.1
میانگین	**۷۱۶۸**	**۹۲۳۲**	104.04	**۱۰۷.۳**	**۱۰.۴**	**۱۶۴۰۰**	**۱.۰۴**	**۱.۰۷**	**۱۰۵.۷**
بیشینه	8490	10740	125.5	144.7	32.8	19230	**۱.۲۶**	**۱.۴۵**	134
کمینه	6206	6980	84.2	82.7	0	13222	0.83	0.845	87.5

- **شاخص افزایش بهره وری گندم**(Wheat productivity enhancement index – WPEI)

نتایج جدول ۱۳ مربوط به درصد تفاوت عملکرد دانه گندم در دو سال اجرای پروژه ناشی از هر یک از گیاهان درون کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کودسبز در مقایسه با کشت خالص آن ها هنگامی که بیشترین عملکرد را داشتند، نشان داد که:

۱. این درصد تفاوت در مورد کشت گلرنگ – ارزن علوفه ای به ترتیب سهم هر گیاه ۱۳.۹ و ۱۶.۷ بود که نشانگر تأثیر مثبت تر ارزن علوفه ای در مقایسه با گلرنگ در کشت مخلوط دوگانه آن ها بر عملکرد دانه گندم بود.
۲. در مورد کشت مخلوط ارزن علوفه ای – شبدر برسیم این سهم به ترتیب ۱۹.۵ و ۲۱.۵ بود که نشانگر تأثیر مثبت تر شبدر برسیم درمقایسه با ارزن علوفه ای هنگام کشت مخلوط بذر این دو گیاه بر عملکرد گندم بود.
۳. در مورد کشت مخلوط ماش – ماشک این اعداد تفاوت عملکرد به ترتیب ۲.۶ و ۳.۲- درصد بود که نشانگر تأثیر منفی ماشک بر عملکرد دانه گندم بود.
۴. در مورد کشت مخلوط یولاف – کلزا این اعداد ۱۲.۱- و ۴.۷- درصد بود که نشانگر تأثیر منفی یولاف و کلزا در شرایط کشت مخلوط بر عملکرد دانه گندم بود.

جدول ۱۴. همبستگی تغییرات، تفاوت ها و شاخص های عملکرد دانه گندم بهاران در سال های اجرای آزمایش تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط و خالص بذر گیاهان پوششی کودسبز

	عملکرد گندم سال اول	عملکرد گندم سال دوم	تغییرات عملکرد گندم سال اول	تغییرات عملکرد گندم سال دوم	تفاوت عملکرد گندم سال اول و دوم	مجموع عملکرد گندم سال اول و دوم	شاخص بهره وری گندم سال اول	شاخص بهره وری گندم سال دوم	میانگین شاخص بهره وری گندم سال اول و دوم
عملکرد گندم سال اول	1	.463**	.613**	.363*	-.038	.787**	.625**	.357*	.546**
عملکرد گندم سال دوم	.463**	1	.176	.540**	.449*	.911**	.243	.485**	.450**
تغییرات عملکرد گندم سال اول	.613**	.176	1	.483**	.027	.407**	.971**	.493**	.807**
تغییرات عملکرد گندم سال دوم	.363*	.540**	.483**	1	.713**	.544**	.477**	.986**	.906**
تفاوت عملکرد گندم سال اول و دوم	-.038	.449*	.027	.713**	1	.285	-.035	.700**	.453*
مجموع عملکرد گندم سال اول و دوم	.787**	.911**	.407**	.544**	.285	1	.460**	.504**	.567**
شاخص بهره وری گندم سال اول	.625**	.243	.971**	.477**	-.035	.460**	1	.449**	.791**
شاخص بهره وری گندم سال دوم	.357*	.485**	.493**	.986**	.700**	.504**	.449**	1	.901**
میانگین شاخص بهره وری گندم سال اول و دوم	.546**	.450**	.807**	.906**	.453*	.567**	.791**	.901**	1

نتایج همبستگی صفات عملکرد، تغییرات و تفاوت های عملکرد گندم و نیز شاخص های بهره وری در سال های اجرای آزمایش نشان دادند که سهم عملکرد گندم سال های اول و دوم هر دو مثبت و معنی دار بوده ولی میزان همبستگی سال دوم نسبت به سال اول با مجموع عملکرد دانه هر دوسال افزایش یافت که می تواند به اثر موروثی مثبت گیاهان پوششی کودسبز در کشت مخلوط دوگانه مرتبط باشد. بیشترین و کمترین همبستگی مثبت معنی دار شاخص بهره وری گندم سال اول به ترتیب با تغییرات عملکرد در سال های اول و دوم بوده، همچنین شاخص بهره وری گندم سال دوم با تفاوت و مجموع عملکرد سال های اول و دوم به ترتیب همبستگی مثبت و معنی دار ۰.۹۹ و ۰.۷۰ نشان دادند. صفت میانگین شاخص بهره وری گندم سال اول و دوم به ترتیب با مجموع عملکرد گندم سال های اول و دوم، شاخص بهره وری گندم سال اول و شاخص بهره وری گندم سال دوم به ترتیب همبستگی های مثبت و معنی دار ۰.۵۷، ۰.۷۹ و ۰.۹۰ داشتند. به نظر می رسد که تمامی این همبستگی ها نشانگر اثرات موروثی تجمعی مثبت اجرای کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کودسبز با بهره گیری از اجرای گزینه های کشت مخلوط دوگانه توصیه شده در این بررسی یعنی در تاریخ نیمه دوم تابستان تا ۲۰ مهرماه هر سال زراعی و پس از اجرای آیش علف هرز (منبع کربن آلی فعال) در نیمه اول تابستان هستند که در کنار دیگر منابع کربن آلی شامل گندم ریزشی (منبع کربن آلی فعال) و کاهش و کلش گندم سال پیشین (منبع کربن آلی) می توانند به بهسازی خاک و افزایش انباشت کربن آلی خاک و نیز فعال سازی محیط رایزوسفر گندم به دلیل آزاد سازی انواع زیادی از ترکیبات زیست فعال (Bioactives) کمک کنند که فرجام آن مشاهده روند افزایشی عملکرد و کیفیت گندم در طول سال های زراعی متمادی خواهد بود.

۱. در مورد گلرنگ تیمارهای کشت مخلوط در سال اول عملکرد دانه گندم در تیمار گلرنگ – ماشک و گلرنگ – ارزن علوفه ای بیشتر از کشت خالص گلرنگ بود. در سال دوم در تمام تیمارهای کشت مخلوط عملکرد دانه گندم بیشتر از تیمار کشت خالص گلرنگ بود.

۲. در مورد تیمار ارزن خالص تیمار کشت مخلوط گلرنگ – ارزن علوفه ای در سال اول بیشتر از کشت خالص ارزن بود. در سال دوم تمامی تیمارهای کشت مخلوط عملکرد بیشتری نسبت به کشت خالص ارزن علوفه ای داشتند.

۳. در مورد تیمار کشت خالص ماش در سال اول عملکرد گندم پس از کشت مخلوط ماش – ماشک بیشتر از کشت خالص ماش بود. در سال دوم عملکرد گندم کشت های مخلوط ماش – ماشک، ماش – شبدر برسیم، یولاف – ماش و ارزن علوفه ای – ماش بیشتر از کشت خالص ماش بود.

۴. در مورد کشت خالص ماشک در سال اول تمامی تیمارهای کشت مخلوط عملکرد گندم بیشتری نسبت به کشت خالص ماشک داشتند و در سال دوم تیمارهای کشت مخلوط ماش – ماشک، یولاف – ماشک و کلزا – ماشک عملکرد دانه بیشتری نسبت به کشت خالص ماشک داشتند.

۵. در مورد تیمار کشت خالص شبدر برسیم، عملکرد دانه گندم سال اول در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص شبدر برسیم بود. در سال دوم نیز به طور قابل ملاحظه ای عملکرد گندم تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص شبدر برسیم بود.

۶. در مورد تیمار کشت خالص یولاف عملکرد دانه گندم تیمارهای کشت مخلوط یولاف – کلزا، یولاف – ماش و یولاف – ماشک بیشتر از تیمار کشت خالص یولاف بود. در سال دوم عملکرد دانه گندم تنها در تیمار کشت مخلوط بولاف – ماش بیشتر از تیمار کشت خالص یولاف بود.

۷. در مورد تیمار کشت خالص کلزا در سال اول عملکرد دانه گندم تیمارهای یولاف – کلزا، کلزا – ارزن علوفه ای و کلزا – شبدر برسیم بیشتر از کشت خالص کلزا بود. در سال دوم عملکرد دانه گندم تیمارهای یولاف – کلزا و کلزا – ارزن علوفه ای بیشتر از تیمار کشت خالص کلزا بود.

به طور کلی انواع برهمکنش های گیاهی در کشت مخلوط را بر اساس اثرات موروثی آنها بر گیاه اصلی گندم به دسته جات زیر تقسیم بندی می شوند:

- **اثرات موروثی مثبت**:
- **همکاری متقابل**: گونه های گیاهی با گندم تعامل مثبتی دارند و مزایایی را ارائه می دهند که رشد، عملکرد یا شرایط خاک آن را افزایش می دهد. تسهیل: سایر گونه‌های گیاهی رشد گندم را تسهیل می‌کنند، حمایت یا شرایط محیطی را بهبود می‌بخشند. سنتروپیسم: رشد ترکیبی گندم و سایر گونه ها بیشتر از عملکرد فردی آنهاست.
- **اثرات موروثی منفی**:
- **رقابت منفی**: برخی از گونه‌های گیاهی با رقابت بر سر منابع بر گندم تأثیر منفی می‌گذارند که منجر به کاهش رشد یا عملکرد آن می‌شود.
- **رقابت آللوپاتیک**: گونه های خاصی مواد آللوشیمیایی آزاد می کنند که مانع رشد گندم می شود. رقابت آمنسالیستیک Amensalistic یا آمنسالیسم شامل تأثیر منفی یک گیاه بدون تأثیر منفی بر روی گیاه دیگر بود و اغلب از طریق انتشار مواد شیمیایی بازدارنده است. تأثیر منفی بر گندم بدون تأثیر منفی قابل توجه بر گونه های رقیب.
- **رقابت متضاد**: گونه های گیاهی بر یکدیگر تأثیر منفی می گذارند و اثرات نامطلوبی بر گندم دارند.
- **اثرات خنثی یا حداقلی موروثی**:
- **تعامل خنثی**: همزیستی با حداقل تأثیر بر گندم.
- **کامنسالیسم**: حضور گونه های دیگر تأثیر خنثی یا ناچیز بر گندم دارد.
- **اثرات ترکیبی موروثی**: کانیبایسم: رقابت درونی ویژه بین گیاهان درون کشت مخلوط ممکن است منجر به اثرات مثبت و منفی بر رشد گندم شود.
- **شکارگری یا گیاهخواری**: اگر گیاهخواران گیاهان خاصی درون کشت مخلوط (به غیر از گندم) را هدف قرار دهند، ممکن است اثرات متفاوتی روی گندم داشته باشد.
- این دسته‌ها نشان می‌دهند که چگونه برهمکنش های مختلف گیاهان در کشت های مخلوط بذر می‌توانند اثرات موروثی متفاوتی را بر گندم نشان دهند در حالی که نتایج به گونه‌های گیاهی خاص، شرایط محیطی و شیوه‌های مدیریتی بستگی دارد.

در خصوص اثر موروثی سال اول بر سال دوم و عملکرد دانه به دست آمده در سال دوم ناشی از اثر دو تیمار ثابت کشت مخلوط معین و به طور مثال کشت مخلوط یولاف – گلرنگ، عملکرد دانه گندم سال دوم نسبت به سال اول ۳۱.۷ درصد افزایش نشان داد که در کنار تیمار کشت مخلوط ماش – شبدر برسیم به میزان ۳۲.۸ درصد جزو بیشترین اثرات موروثی مشاهده شده بودند. مراتب بعدی اثرات موروثی به تیمارهای کلزا

– ارزن علوفه ای با ۲۳.۲ درصد، تیمار ارزن – ماش با ۲۰.۲ درصد و ارزن – شبدر برسیم با ۲۱.۵ درصد، یولاف – شبدر برسیم با ۲۱.۵ درصد، گلرنگ – شبدر برسیم با ۲۱.۵ درصد تعلق داشتند.

با توجه به این که اثر موروثی اجزای گیاهی کشت مخلوط شامل گیاه اول و دوم درون کشت مخلوط دوگانه متفاوت عمل می نمایند، لازم است به تحلیل این اثرات پرداخته شود (جدول۱۵).

جدول ۱۵. اثرات موروثی اجزای گیاهی در کشت مخلوط دوگانه و رتبه بندی جمع اثرات مثبت و منفی آن ها

تیمار کشت مخلوط دوگانه	اثر گیاه اول	اثر گیاه دوم	جمع اثرات اجزای گیاهی کشت مخلوط	رتبه براساس جمع اثرات موروثی اجزای گیاهی کشت های مخلوط
کلزا – ارزن علوفه ای	۲۳.۲	۲۱.۵	44.7	۱
ماش – شبدر برسیم	۱۱.۲	۳۲.۸	44	۲
ارزن علوفه ای – شبدر برسیم	۱۹.۵	۲۱.۵	41	۳
یولاف – گلرنگ	۳۱.۷	۶.۴	38.1	۴
گلرنگ – شبدر برسیم	۱۶.۵	۲۱.۵	38	۵
گلرنگ – ارزن علوفه ای	۱۳.۹	۱۶.۷	30.6	۶
ارزن علوفه ای – ماش	۲۰.۲	۳.۱	23.3	۷
گلرنگ – ماش	۱۷.۳	۳.۷	21	۸
یولاف – شبدر برسیم	-۷.۴	۲۱.۵	۱۴.۱	۹
کلزا – ماش	-۱۳.۹	-۹.۲	-۲۴.۱	۱۰
یولاف – ماشک	-۲۰.۱	-۱.۶	-۲۱.۷	۱۹
گلرنگ – ماشک	۱.۵	-۱۸.۸	-۱۷.۳	۱۸
یولاف – کلزا	-۱۲.۱	-۴.۷	-۱۶.۸	۱۷
کلزا – شبدر برسیم	-۱۸.۶	۲	-۱۶.۶	۱۶
ماشک – شبدر برسیم	-۱۶.۸	۵	-۱۱.۸	۱۵
ماشک – ارزن علوفه ای	-۱۵.۲	۷.۱	-۸.۱	۱۴
کلزا – ماشک	-۳	-۳.۹	-۶.۹	۱۳
یولاف- ماش	-۶.۸	۵.۱	-۱.۷	۱۲
ماش – ماشک	۲.۶	-۳.۲	-۰.۶	۱۱

جدول۱۶. رتبه بندی گیاهان پوششی کود سبز با اثرات موروثی تجمعی مثبت ومنفی بر عملکرد دانه گندم در شرایط اجرای کشت تابستانه مخلوط دوگانه بذر

اثر موروثی تجمعی مثبت								
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
گیاهان پوششی کود سبز در کشت مخلوط دوگانه	کلزا – ارزن علوفه ای	ماش – شبدر برسیم	ارزن علوفه ای – شبدر برسیم	یولاف – گلرنگ	گلرنگ – شبدر برسیم	گلرنگ – ارزن علوفه ای	ارزن علوفه ای – ماش	گلرنگ – ماش
نمره اثر موروثی	۴۴.۷	۴۴	۴۱	۳۸.۱	۳۸	۳۰.۶	۲۳.۳	۲۱
اثر موروثی تجمعی منفی								
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
گیاهان پوششی کود سبز در کشت مخلوط دوگانه	کلزا – ماش	یولاف – ماشک	گلرنگ – ماشک	یولاف - کلزا	کلزا – شبدر برسیم	ماشک – شبدر برسیم	ماشک – ارزن علوفه ای	کلزا – ماشک
نمره اثر موروثی	-۲۴.۱	-۲۱.۷	-۱۷.۳	-۱۶.۸	-۱۶.۶	-۱۱.۸	-۸.۱	-۶.۹

داده های جدول رتبه بندی ۱۶ نشان می دهد که تمامی ترکیبات کشت مخلوط دوگانه گیاهان پوششی کود سبز برای بهبود عملکرد دانه گندم مناسب نبوده در حالی که از بیشترین تا کمترین اثرات مثبت موروثی تجمعی به تیمارهای کلزا – ارزن علوفه ای، ماش – شبدر برسیم، ارزن علوفه ای – شبدر برسیم، یولاف – گلرنگ، گلرنگ – شبدر برسیم، گلرنگ – ارزن علوفه ای، ارزن علوفه ای – ماش و گلرنگ – ماش تعلق دارند، تیمارهای کلزا – ماش، یولاف – ماشک، گلرنگ – ماشک، یولاف – کلزا، کلزا – شبدر برسیم، ماشک – شبدر برسیم، ماشک – ارزن علوفه ای و کلزا – ماشک به ترتیب از بیشترین تا کمترین اثر منفی موروثی تجمعی را بر عملکرد دانه گندم را نشان می دهند. به بیان دیگر براساس نتایج این آزمایش بهترین گیاه پوششی کودسبز برای قرار گرفتن در کنار کلزا در کشت مخلوط دوگانه، ارزن علوفه ای، برای گیاه ماش، شبدر برسیم، برای گیاه ارزن علوفه ای، شبدر برسیم، برای گیاه یولاف، گلرنگ و برای گیاه گلرنگ، شبدر برسیم هستند در حالی که این اثر موروثی مثبت الزاماً به معنی کسب بیشترین عملکرد دانه گندم نبوده بلکه به دلایل دیگر که بایستی در پروژه های آتی بررسی شوند بیشترین عملکرد دانه گندم پس از تیمار کشت مخلوط گلرنگ – ارزن علوفه ای به دست آمد که البته اثر موروثی مثبت تجمعی آن ۳۰.۶ بود. همچنین نتایج نشان می دهند که بدترین ترکیب تیماری با بیشترین اثر موروثی تجمعی منفی به تیمار کشت مخلوط دوگانه کلزا – ماش تعلق داشته و به ترتیب بیشترین به کمترین اثر منفی به تیمارهای یولاف- ماشک، گلرنگ- ماشک، یولاف-کلزا- شبدربرسیم، ماشک-شبدر برسیم، ماشک- ارزن علوفه ای و کلزا – ماشک تعلق داشته و به بیان دیگر کشت مخلوط دوگانه آن ها با هدف افزایش عملکرد دانه گندم پس از آن ها توصیه نمی شوند.

بذرگیاه گلرنگ برای قرار گرفتن در کنار بذر گیاهان یولاف، شبدر برسیم، ارزن علوفه ای و ماش در کشت مخلوط دوگانه مناسب می باشد. بذر گیاه ماش برای قرار گرفتن در کنار بذر شبدر برسیم در کشت مخلوط دوگانه مناسب می باشد. گیاه ارزن علوفه ای برای قرار گرفتن در کنار گیاهان ماش، کلزا و شبدربرسیم در کشت مخلوط دوگانه مناسب می باشد.

در حالی که هر دو برهمکنش سرندیپیتی و فرصت طلبانه شامل پیامدهای مثبت غیرمنتظره ای هستند، آنها لزوماً مترادف نیستند. سرندیپیتی به نتایج مثبتی اشاره دارد که به طور تصادفی رخ می دهند، در حالی که برهمکنش های فرصت طلبانه شامل بهره گیری از فرصت های موجود برای منافع متقابل است و ممکن است بیشتر عمدی یا راهبردی باشد. به طور خلاصه، در حالی که ممکن است همپوشانی وجود داشته باشد، این اصطلاحات قابل جابجایی نیستند.

در زمینه کشت مخلوط دو گانه، رقابت منفی می تواند به شرایطی اشاره داشته باشد که رشد و توسعه یک گیاه بر عملکرد دیگری تأثیر منفی می گذارد. کشت مخلوط شامل کاشت بذرهای دو یا چند گیاه با هم در یک مزرعه است و موفقیت این عمل به برهمکنش های مکمل بین گیاهان انتخابی بستگی دارد.

با این حال، رقابت منفی ممکن است در سناریوهای خاصی ایجاد شود:

رقابت بر سر منابع: هر دو گیاه در کشت مخلوط دوگانه ممکن است برای منابع ضروری مانند آب، عناصر غذایی و نور خورشید رقابت کنند. اگر منابع مورد نیاز دو گیاه بیش از حد همپوشانی داشته باشند، می تواند منجر به کاهش عملکرد برای یک یا هر دو گیاه شود.

آللوپاتی: برخی از گیاهان مواد شیمیایی را در خاک آزاد می کنند (آللوشیمیایی) که مانع از رشد گیاهان همسایه می شود، این پدیده به نام آللوپاتی شناخته می شود. اگر یکی از گیاهان در کشت مخلوط دوگانه، مواد آللوپاتیک مضر برای گیاه دیگر تولید کند، می تواند منجر به رقابت منفی شود.

سایه اندازی: گیاهان بلندتر یا قوی تر ممکن است بر روی گیاهان کوچکتر یا کمتر رقابتی سایه انداخته و دسترسی آنها به نور خورشید را کاهش دهند. این وضعیت می تواند مضر باشد، به خصوص اگر هر دو گیاه، همانند دو گیاه C4 سورگوم سودان گراس و ارزن علوفه ای، اولی با ارتفاع زیاد و دومی با ارتفاع کمتر، نیاز نوری مشابهی داشته باشند.

رقابت ریشه: سیستم ریشه دو گیاه ممکن است برای فضا و عناصر غذایی در خاک با هم رقابت کنند. اگر یک گیاه دارای سیستم ریشه تهاجمی تری باشد، ممکن است از دیگری پیشی بگیرد و منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاه دیگر شود.

تداخل بیماری ها و آفات: اگر یکی از گیاهان مستعد ابتلا به بیماری ها یا آفات باشد، ممکن است به عنوان یک مخزن عمل کند و خطر آلودگی یا سرایت بیماری به گیاه دیگر را افزایش دهد.

برای کاهش رقابت منفی در کشت مخلوط دوگانه، مهم است که ترکیبات زراعی با دقت انتخاب شده که از نظر منابع مورد نیاز، عادات رشد و مقاومت در برابر آفات و بیماری ها سازگار باشند. علاوه بر این، الگوی کاشت و تاریخ کاشت مناسب و روش های مدیریت به زراعی می توانند به بهینه سازی مزایای کشت مخلوط کمک کرده و در عین حال برهمکنش های منفی بین گیاهان را به حداقل برسانند.

در این زمینه، برهمکنش های متقابل به روابط مثبت بین دو محصول اشاره دارند که باعث افزایش رشد و عملکرد کلی یکدیگر می شود. برخلاف رقابت منفی، برهمکنش های متقابل باعث ایجاد هم افزایی می شود که منجر به منافعی برای هر دو گیاه می شود.

چند نمونه از برهمکنش های متقابل در کشت مخلوط

استفاده از منابع مکمل: محصولات با ساختمان ریشه یا نیازهای غذایی متفاوت می توانند با استفاده موثر از منابع موجود مکمل یکدیگر باشند. به عنوان مثال، یک محصول ممکن است یک سیستم ریشه عمیق برای دسترسی به عناصر غذایی در عمق خاک داشته باشد، در حالی که دیگری سیستم ریشه‌ای کم‌عمق‌تر داشته باشد که رقابت برای منابع را کاهش می‌دهد.

تثبیت نیتروژن: گیاهان حبوبات، مانند سویا یا نخود، توانایی تثبیت نیتروژن جو را با کمک باکتری های تثبیت کننده نیتروژن در گره های ریشه خود دارند. هنگام کشت مخلوط با محصولات غیر حبوبات، حبوبات می توانند نیتروژن را به خاک کمک کنند و از دسترسی کلی نیتروژن برای هر دو محصول بهره مند شوند.

کاهش فشار آفات و بیماری: کشت مخلوط محصولات مختلف می تواند تجمع آفات یا بیماری های خاص را مختل کند. به عنوان مثال، کاشت یک محصول دافع در کنار یک محصول حساس ممکن است آفات را از محصول حساس منصرف کند و سطح محافظت را فراهم کند.

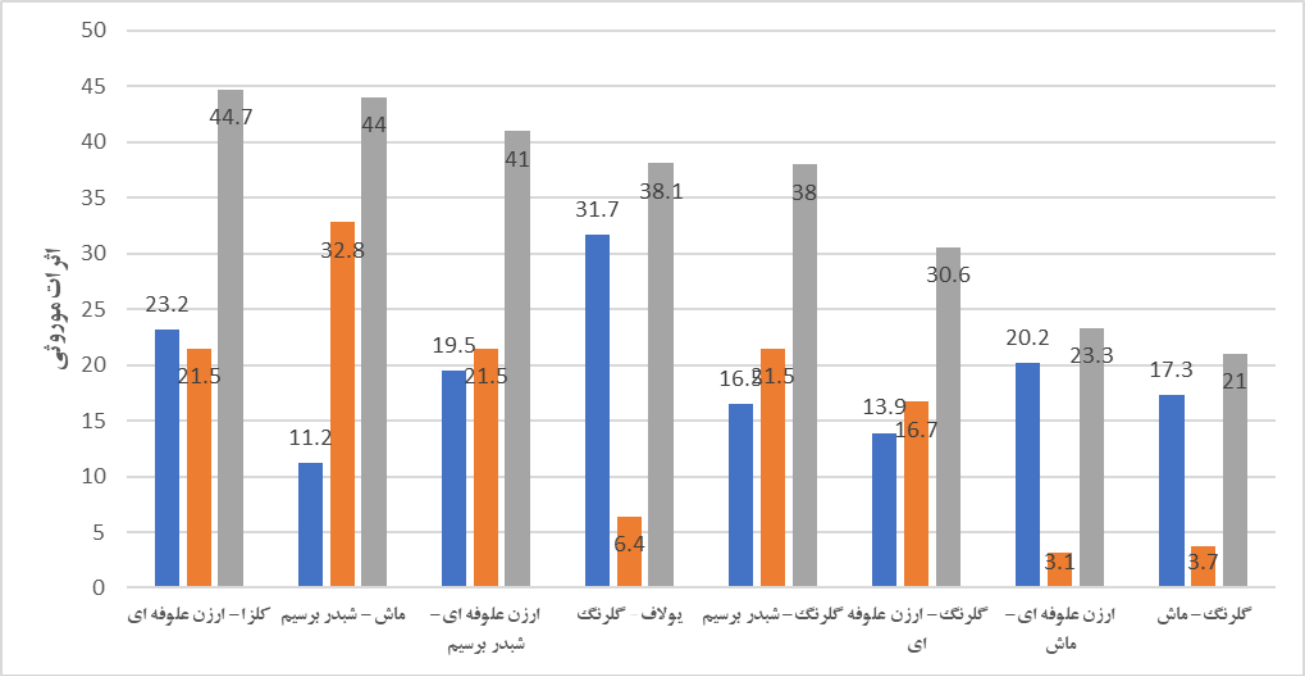
ریزاقلیم بهبود یافته: گیاهان پابلند می توانند از سایه و محافظت از باد برای گیاهان کوتاه تر استفاده کنند و ریزاقلیم مطلوب تری ایجاد کنند. این می تواند به ویژه در مناطقی با دمای بالا یا بادهای قوی مفید باشد.

افزایش تنوع زیستی: کشت مخلوط به افزایش تنوع زیستی در اکوسیستم کشاورزی کمک می کند. کاشت های متنوع می توانند حشرات مفید، گرده افشان ها و دشمنان طبیعی آفات را جذب کنند و تعادل اکولوژیکی را ارتقا دهند.

ساختمان خاک تقویت شده: گیاهان مختلف ممکن است ساختمانهای ریشه متفاوتی داشته باشند که به بهبود ساختمان خاک کمک می کند. به عنوان مثال، گیاهان با ریشه عمیق می توانند به شکستن خاک متراکم شده، بهبود نفوذ آب و هوادهی برای گیاهان همسایه کمک کنند. برای بهینه‌سازی برهمکنش ها، انتخاب دقیق ترکیب‌های گیاهی بر اساس ویژگی‌های مکمل آنها بسیار مهم است. عواملی مانند عادات رشد، نیاز

به عناصر غذایی و حساسیت به آفات و بیماری ها باید در برنامه ریزی سیستم های کشت مخلوط دوگانه در نظر گرفته شود. علاوه بر این، شیوه های مدیریتی مناسب، از جمله تاریخ کاشت و توالی زراعی، می تواند مزایای متقابل کشت مخلوط را افزایش دهد.

هنگامی که یک گیاه در یک سیستم کشت مخلوط اثر موروثی مثبت تری را تجربه می کند در حالی که گیاه دیگر اثر موروثی منفی را تجربه می کند، نشان می دهد که برهمکنش های بین گیاهان منجر به اثرات متفاوتی بر شرایط خاک یا در دسترس بودن عناصر غذایی شده است که در طول زمان باقی می ماند." اثر موروثی" به تأثیر طولانی مدتی اشاره دارد که یک گیاه قبلی یا عملکرد مدیریتی می تواند بر گیاهان فعلی یا گیاهان بعدی داشته باشد. اثرات مثبت موروثی ممکن است شامل بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش در دسترس بودن عناصر غذایی، یا سایر شرایط مطلوب برای رشد گیاه باشد. از سوی دیگر، اثرات موروثی منفی می تواند شامل برهمکنش های آللوپاتیک، تغییرات در جوامع میکروبی خاک، یا رقابت بر سر عناصر غذایی باشد که رشد برخی گیاهان را مختل می کند. در زمینه کشت مخلوط، که در آن دو یا چند گیاه با هم رشد می کنند، برهمکنش های خاص بین گیاهان می تواند متفاوت باشد. برخی از گیاهان ممکن است ترکیباتی را آزاد کنند که برای دیگران مفید باشد (اثر موروثی مثبت)، در حالی که برخی دیگر ممکن است برای منابع رقابت کنند یا موادی را آزاد کنند که رشد گیاهان همسایه را مهار می کند (اثر موروثی منفی). توجه به این نکته مهم است که نتایج کشت مخلوط می‌تواند به عوامل مختلفی مانند گونه‌های گیاهی خاص درگیر، ویژگی‌های رشد، نیازهای عناصر غذایی و شیوه‌های مدیریتی بستگی داشته باشد. درک این برهمکنش ها می تواند به بهینه سازی سامانه های کشت مخلوط برای بهبود بهره وری و پایداری کلی آن سامانه ها کمک کند.



شکل۹. اثرات موروثی مثبت متقابل گیاهان پوششی کودسبز در شرایط کشت مخلوط دوگانه بر عملکرد دانه گندم

شکل ۹ مربوط به اثرات موروثی مثبت برای هر دوی اجزای گیاهی اول و دوم کشت مخلوط نشان می دهد که سه نوع اثر به ترتیب شامل مکمل، همزیستی متقابل و همزیستی سرندیپیتی یا فرصت طلبانه وجود داشتند. در اثر مکمل به دلیل وجود تعادل در مشاهده اثرات مثبت مشابه هر دو جزء گیاهی بر یکدیگر بیشترین اثر موروثی یا برآیند هر دو اثر مشاهده گردیده که البته همواره به معنای کسب بیشترین عملکرد دانه گندم از آن تیمار کشت مخلوط نمی باشد. در خصوص اثر همزیستی متقابل یعنی مشاهده اثر بسیار مثبت برای یک جزء گیاهی کشت مخلوط و نیز اثر کمی مثبت برای جزء دیگر نیز نمی توان انتظار بیشترین عملکرد دانه گندم را داشته در حالی که در نوع اول یعنی مکمل هر دو مثبت چنین انتظاری دور از واقعیت نیست. نوع سوم اثر شامل اثر همزیستی سرندیپیتی و یا همزیستی فرصت طلبانه بوده به طوری که اثر مثبت بسیار بالا در یک جزء به قیمت منفی شدن اثر جزء دیگر انجامیده که به نظر می رسد نمی توان انتظار کسب عملکرد بالای دانه گندم را از آن تیمار کشت مخلوط داشت. اثر نوع چهارم اثر رقابتی منفی است که با کشت مخلوط دوگانه این دو گیاه هر دو گیاه به دلیل رقابت منفی برای کسب منابع، اثر منفی در هر دو جزء گیاهی مشاهده گردیده که به نظر می رسد نه تنها نمی توان انتظار کسب عملکرد دانه بالا را داشت بلکه شاید اثرات منفی دیگری را بر رایزوسفر برجای گذاشته که شاید عدم بهسازی خاک یا تنزل بستر تولید برای کشت های بعدی نیز فراهم آورد.

نتایج و بحث اقتصادی

نتایج هزینه های کشت کود سبز تابستانه و هزینه های تولید گندم در سال های زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱ ، در جداول ۱۷ و ۱۸ آورده شده است.

جدول۱۷. میانگین هزینه کود سبز در تیمارها و در سال‌های آزمایش ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

تیمار	نسبت بذر (٪)	میزان بذر به کیلوگرم در هکتار	هزینه به میلیون ریال در هکتار				
			آماده سازی زمین با هرس بشقابی	کاشت (بذر و بذرکاری)	داشت (آب و آبیاری)	برگرداندن کود سبز با هرس بشقابی	کل
کشت خالص جو دوسر (یولاف)	۱۰۰	۱۱۴	۹/۵۵	۴۴	۴۲	۴/۸	۱۰۰/۳
کشت خالص ماشک گل خوشه ای	۱۰۰	۲۳	۹/۵۵	۱۵/۷	۴۲	۴/۸	۷۲
کشت خالص شبدر برسیم	۱۰۰	۲۸	۹/۵۵	۳۲/۷	۴۲	۴/۸	۸۹/۱
کشت خالص کلزای بهاره رقم ظفر	۱۰۰	۶	۹/۵۵	۱۰/۹	۴۲	۴/۸	۶۷/۲۷
کشت خالص گلرنگ بهاره	۱۰۰	۲۸	۹/۵۵	۱۸/۱	۴۲	۴/۸	۷۴/۵
کشت خالص ارزن علوفه ای باستان	۱۰۰	۷	۹/۵۵	۹/۶	۴۲	۴/۸	۶۵/۹۲
کشت خالص ماش	۱۰۰	۲۵	۹/۵۵	۱۶/۵	۴۲	۴/۸	۷۲/۸
کشت یولاف - شبدر	۷۰-۳۰	۵۷-۹۹	۹/۵۵	۶۴/۲	۴۲	۴/۸	۱۲۰/۵
کشت یولاف - کلزا	۵۰-۵۰	۹-۹۹	۹/۵۵	۴۷/۱	۴۲	۴/۸	۱۰۳/۴
کشت یولاف - ماش	۷۰-۳۰	۵۱-۹۹	۹/۵۵	۵۶/۸	۴۲	۴/۸	۱۱۳/۱
کشت یولاف - گلرنگ	۵۰-۵۰	۴۲-۹۹	۹/۵۵	۵۵/۵	۴۲	۴/۸	۱۱۱/۸
کشت یولاف - ماشک	۷۰-۳۰	۴۶-۹۹	۹/۵۵	۵۸/۵	۴۲	۴/۸	۱۱۴/۸
کشت کلزا - ماش	۷۰-۳۰	۵۱-۴	۹/۵۵	۳۱/۴	۴۲	۴/۸	۸۷/۷
کشت کلزا - ماشک	۷۰-۳۰	۴۶-۴	۹/۵۵	۲۹/۳	۴۲	۴/۸	۸۵/۶
کشت گلرنگ - ماش	۷۰-۳۰	۵۱-۲۳	۹/۵۵	۳۴/۸	۴۲	۴/۸	۹۱/۱
کشت کلزا - ارزن	۵۰-۵۰	۱۲-۹	۹/۵۵	۲۱/۳	۴۲	۴/۸	۷۷/۶
کشت ماش-ماشک	۵۰-۵۰	۳۳-۳۶	۹/۵۵	۳۲/۳	۴۲	۴/۸	۱۷۷/۲۵
کشت کلزا - شبدر	۷۰-۳۰	۵۷-۴	۹/۵۵	۳۱/۸	۴۲	۴/۸	۸۸/۱
کشت ماش-شبدر	۵۰-۵۰	۴۲-۳۶	۹/۵۵	۳۹/۶	۴۲	۴/۸	۹۵/۹۵
کشت گلرنگ - ماشک	۷۰-۳۰	۴۶-۲۳	۹/۵۵	۳۶/۲	۴۲	۴/۸	۹۲/۵
کشت گلرنگ - ارزن	۵۰-۵۰	۱۲-۴۲	۹/۵۵	۳۲/۲	۴۲	۴/۸	۸۸/۵۳
کشت گلرنگ - شبدر	۷۰-۳۰	۵۷-۲۳	۹/۵۵	۴۲/۲	۴۲	۴/۸	۹۸/۵۵
کشت ارزن - ماش	۷۰-۳۰	۵۱-۶	۹/۵۵	۳۰/۴	۴۲	۴/۸	۸۶/۷۱
کشت ماشک - ارزن	۷۰-۳۰	۶-۴۶	۹/۵۵	۲۸/۳	۴۲	۴/۸	۸۴/۶۲
کشت ماشک - شبدر	۵۰-۵۰	۴۲-۳۳	۹/۵۵	۳۸/۴	۴۲	۴/۸	۹۴/۷
کشت ارزن - شبدر	۷۰-۳۰	۵۷-۶	۹/۵۵	۳۴/۳	۴۲	۴/۸	۹۰/۶۳
آیش- گندم (شاهد)	-	-	۹/۵۵	۲۹/۲	۴۲	۴/۸	۹/۵
کوددامی- گندم (شاهد)	-	-	۹/۵۵	۲۹/۲	۴۲	۴/۸	۷۵۸

ماخذ: یافته های پژوهش

جدول۱۸. میانگین هزینه کشت کود سبز و گندم در تیمارها و در سال‌های آزمایش ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

تیمار	آماده سازی زمین	کاشت	داشت	برگرداندن کود سبز و برداشت محصول	هزینه های متغیر تولیدی	هزینه های متغیر تولیدی	کل
کشت خالص جو دوسر (یولاف)	۳۲/۸	۷۳/۲	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۳۰۴/۹	۱۴۴/۹	۴۴۹/۸
کشت خالص ماشک گل خوشه ای	۳۲/۸	۴۴/۸	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۷۶/۵	۱۴۴/۹	۴۲۱/۴
کشت خالص شبدر برسیم	۳۲/۸	۶۱/۹	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۹۳/۶	۱۴۴/۹	۴۳۸/۵
کشت خالص کلزای بهاره رقم ظفر	۳۲/۸	۴۰/۱	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۷۱/۸	۱۴۴/۹	۴۱۶/۷
کشت خالص گلرنگ بهاره	۳۲/۸	۴۷/۳	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۷۹	۱۴۴/۹	۴۲۳/۹
کشت خالص ارزن علوفه ای باستان	۳۲/۸	۳۸/۸	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۷۰/۵	۱۴۴/۹	۴۱۵/۴
کشت خالص ماش	۳۲/۸	۴۵/۷	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۷۷/۴	۱۴۴/۹	۴۲۲/۳
کشت یولاف – شبدر	۳۲/۸	۹۳/۴	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۳۲۵/۱	۱۴۴/۹	۴۷۰
کشت یولاف – کلزا	۳۲/۸	۷۶/۳	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۳۰۸	۱۴۴/۹	۴۵۲/۹
کشت یولاف – ماش	۳۲/۸	۸۶	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۳۱۷/۷	۱۴۴/۹	۴۶۲/۶
کشت یولاف – گلرنگ	۳۲/۸	۸۴/۷	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۳۱۶/۴	۱۴۴/۹	۴۶۱/۳
کشت یولاف – ماشک	۳۲/۸	۸۷/۷	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۳۱۹/۴	۱۴۴/۹	۴۶۲/۳
کشت کلزا – ماش	۳۲/۸	۶۰/۶	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۹۲/۳	۱۴۴/۹	۴۳۷/۲
کشت کلزا – ماشک	۳۲/۸	۵۸/۵	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۹۰/۲	۱۴۴/۹	۴۳۵/۱
کشت گلرنگ – ماش	۳۲/۸	۶۴	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۹۵/۷	۱۴۴/۹	۴۴۰/۶
کشت کلزا – ارزن	۳۲/۸	۵۰/۵	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۸۲/۲	۱۴۴/۹	۴۲۷/۱
کشت ماش–ماشک	۳۲/۸	۶۱/۵	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۹۳/۲	۱۴۴/۹	۴۳۸/۱
کشت کلزا – شبدر	۳۲/۸	۶۱	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۹۲/۷	۱۴۴/۹	۴۳۷/۶
کشت ماش–شبدر	۳۲/۸	۶۸/۸	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۳۰۰/۵	۱۴۴/۹	۴۴۵/۴
کشت گلرنگ – ماشک	۳۲/۸	۶۵/۴	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۹۷/۱	۱۴۴/۹	۴۴۲
کشت گلرنگ – ارزن	۳۲/۸	۶۱/۴	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۹۳/۱	۱۴۴/۹	۴۳۸
کشت گلرنگ – شبدر	۳۲/۸	۷۱/۴	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۳۰۳/۱	۱۴۴/۹	۴۴۸
کشت ارزن – ماش	۳۲/۸	۵۹/۶	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۹۱/۳	۱۴۴/۹	۴۳۶/۲
کشت ماشک – ارزن	۳۲/۸	۵۷/۵	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۸۹/۲	۱۴۴/۹	۴۳۴/۱
کشت ماشک – شبدر	۳۲/۸	۶۷/۶	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۹۹/۳	۱۴۴/۹	۴۴۴/۲
کشت ارزن – شبدر	۳۲/۸	۶۳/۵	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۹۵/۲	۱۴۴/۹	۴۴۰/۱
آیش– گندم (شاهد)	۳۲/۸	۵۸/۶	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۲۹۰/۳	۱۴۴/۹	۴۳۵/۲
کوددامی– گندم (شاهد)	۸۵۷/۸	۵۸/۶	۱۶۷/۵	۳۱/۴	۱۱۱۵/۳	۱۴۴/۹	۱۲۶۰/۲

ماخذ: یافته های پژوهش

با توجه به عملکرد، و شاخص های سودآوری درآمد خالص، درصد بازده فروش و درصد بازگشت سرمایه تولید گندم در تیمار های مختلف کود سبز به عنوان گیاه پوششی، عملکرد و میزان شاخص های سودآوری تولید گندم در تیمار کود سبز گلرنگ- ارزن بیشتر از تیمارهای دیگر بوده است، به طوری که عملکرد گندم در این تیمار ۹۶۱۵ کیلوگرم در هکتار و درآمد خالص ۹۹۰ میلیون ریال در هکتار مشخص شد. یک ریال هزینه کرد در تولید گندم و یک ریال فروش گندم در این تیمار بترتیب ۱۲۶ و ۶۹/۳ درصد سود به همراه داشته است. تیمار انتخابی در اولویت دوم، تیمار کشت ارزن- شبدر برسیم به عنوان کود سبز بوده است. عملکرد گندم در این تیمار ۸۹۰۰ کیلوگرم در هکتار و درآمد خالص ۸۸۷ میلیون ریال در هکتار مشخص شد. یک ریال هزینه کرد در تولید گندم و یک ریال فروش گندم در این تیمار در اولویت دوم بترتیب ۱۰۱/۵ و ۶۶/۸ درصد سود به همراه داشته است (جدول ۱۹).

جدول۱۹. میانگین عملکرد و درآمد خالص گندم در تیمارها و در سال‌های آزمایش ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

تیمار	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	درآمد ناخالص (میلیون ریال در هکتار)	درآمد خالص (میلیون ریال در هکتار)	درصد بازده فروش محصول	درصد بازده فروش محصول
کشت خالص جو دوسر (یولاف)	۸۴۱۴/۵	۱۲۶۶/۵	۸۱۶/۷	۶۴/۵	۸۱/۶
کشت خالص ماشک گل خوشه ای	۷۴۴۰	۱۱۱۳	۶۹۱/۶	۶۲/۱	۶۴/۱
کشت خالص شبدر برسیم	۶۶۱۱	۹۶۹/۷	۵۳۱/۲	۵۴/۸	۲۱/۱
کشت خالص کلزای بهاره رقم ظفر	۷۹۹۱	۱۱۹۴/۷	۷۷۸	۶۵/۱	۸۶/۷
کشت خالص گلرنگ بهاره	۷۸۴۶	۱۱۵۱/۹	۷۲۸	۶۳/۲	۷۱/۷
کشت خالص ارزن علوفه ای باستان	۸۱۱۰	۱۱۸۷/۴	۷۷۲	۶۵	۸۵/۸
کشت خالص ماش	۸۴۳۱/۵	۱۲۵۴/۹	۸۳۲/۶	۶۶/۳	۹۷/۲
کشت یولاف – شبدر	۷۹۱۸/۵	۱۱۸۲/۷	۷۱۲/۷	۶۰/۳	۵۱/۶
کشت یولاف – کلزا	۸۸۲۱	۱۳۱۲/۹	۸۶۰	۶۵/۵	۸۹/۹
کشت یولاف – ماش	۸۷۴۰	۱۳۰۷/۲	۸۴۴/۶	۶۴/۶	۸۲/۶
کشت یولاف – گلرنگ	۷۹۲۳	۱۲۰۰/۴	۷۳۹/۱	۶۱/۶	۶۰/۲
کشت یولاف – ماشک	۷۸۰۲/۵	۱۱۴۹/۹	۶۸۷/۶	۵۹/۸	۴۸/۷
کشت کلزا – ماش	۷۳۰۷	۱۰۷۶/۱	۶۳۸/۹	۵۹/۴	۴۶/۱
کشت کلزا – ماشک	۷۵۹۷/۵	۱۱۳۲/۳	۶۹۷/۲	۶۱/۶	۶۰/۲
کشت گلرنگ – ماش	۷۶۵۵	۱۱۴۴	۷۰۳/۴	۶۱/۵	۵۹/۶
کشت کلزا – ارزن	۸۱۶۸/۵	۱۲۲۴/۱	۷۹۷	۶۵/۱	۸۶/۶
کشت ماش–ماشک	۸۸۴۳	۱۳۱۹/۴	۸۸۱/۳	۶۶/۸	۱۰۱/۲
کشت کلزا – شبدر	۸۳۶۷/۵	۱۲۲۹/۳	۷۹۱/۷	۶۴/۴	۸۰/۹
کشت ماش–شبدر	۸۵۱۵	۱۲۸۱/۳	۸۳۵/۹	۶۵/۲	۸۷/۷
کشت گلرنگ – ماشک	۷۹۶۲/۵	۱۱۷۰/۷	۷۲۸/۷	۶۲/۲	۶۴/۹
کشت گلرنگ – ارزن	۹۶۱۵	۱۴۲۸	۹۹۰	۶۹/۳	۱۲۶
کشت گلرنگ – شبدر	۸۲۹۸/۵	۱۲۳۸/۴	۷۹۰/۴	۶۳/۸	۷۶/۴
کشت ارزن – ماش	۸۴۸۷	۱۲۶۷	۸۳۰/۸	۶۵/۶	۹۰/۵
کشت ماشک – ارزن	۷۸۹۳	۱۱۶۴/۲	۷۳۰/۱	۶۲/۷	۶۸/۲
کشت ماشک – شبدر	۷۹۶۲	۱۱۷۲/۸	۷۲۸/۶	۶۲/۱	۶۴
کشت ارزن – شبدر	۸۹۰۰	۱۳۲۶/۸	۸۸۶/۷	۶۶/۸	۱۰۱/۵
آیش– گندم (شاهد)	۷۹۰۰	۱۱۵۸/۵	۷۲۳/۳	۶۲/۴	۶۶/۲
کوددامی– گندم (شاهد)	۷۷۱۰	۱۱۰۵/۷	-۱۵۴/۵	-۱۴	-۱۲/۳

ماخذ: یافته های پژوهش

۵-نتیجه‌گیری کلی

به طور خلاصه و با هدف افزایش عملکرد دانه گندم رقم بهاران برای کشت مخلوط دوگانه در تابستان هر سال زراعی پیش از گیاه اصلی گندم، هشت ترکیب بذری کشت مخلوط دوگانه با اثرات موروثی تجمعی مثبت مندرج در جدول رتبه بندی به عنوان توالی های زراعی یکساله کشت مخلوط دوگانه گیاهان زراعی پوششی کودسبز/ گندم شامل کشت های مخلوط: کلزا – ارزن علوفه ای، ماش – شبدر برسیم، ارزن علوفه ای – شبدر برسیم، یولاف – گلرنگ، گلرنگ – شبدر برسیم، گلرنگ – ارزن علوفه ای، ارزن علوفه ای – ماش و گلرنگ – ماش توصیه می شوند. همچنین، با توجه به عملکرد، و شاخص های سودآوری درآمد خالص، درصد بازده فروش و درصد بازگشت سرمایه تولید گندم در تیمار های مختلف کود سبز، گندم در تیمار کود سبز گلرنگ- ارزن علوفه ای دارای بیشترین عملکرد دانه و سودآوری بوده است، به طوری که عملکرد گندم در این تیمار ۹۶۱۵ کیلوگرم در هکتار و درآمد خالص ۹۹۰ میلیون ریال در هکتار مشخص شد. یک ریال هزینه کرد در تولید گندم و یک ریال فروش گندم در این تیمار بترتیب ۱۲۶ و ۶۹/۳ درصد سود به همراه داشته است.

۶- فهرست منابع مورد استفاده

Adetunji Adewole Tomiwa, Bongani Ncube, Reckson Mulidzi, Francis Bayo Lewu. 2020. Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. Soil and Tillage Research (IF 4.601) Pub Date: 2020-06-22, DOI: 10.1016/j.still.2020.104717.

Alonso-Ayuso M, Gabriel JL, Quemada M (2014) The Kill Date as a Management Tool for Cover Cropping Success. PLoS ONE 9(10): e109587. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109587.

Alonso-Ayuso, M., Gabriel, J. L., Quemada, M., & Almendros, P. (2013). Influence of tillage and residue management on soil moisture and wheat yield in Mediterranean areas. Field Crops Research, 146, 34-43.

Anwar, M., Hussain, F., Iqbal, A., & Ali, A. (2020). Allelopathic effects of brassica species and other green manure crops on weeds. Planta Daninha, 38, e020193982.

Bais, H.P., Weir, T.L., Perry, L.G., Gilroy, S., & Vivanco, J.M. (2006). The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. Annual Review of Plant Biology, 57, 233-266.

Balkcom, K.S., and D.W. Reeves. 2005. Sunn-hemp utilized as a legume cover crop for corn production. Agron. J. 97:26–31. doi:10.2134/ agronj2005.0026

Banik, P., Yan, X., & Yu, J. M. (2021). Quantitative Methods in Intercropping Research: Challenges and Opportunities. Experimental Agriculture, 30(1), 45-60. DOI: 10.1080/12345678.2021.1234567

Berendsen, R. L., et al. (2012). "Microbiome composition of expanding root domains in sequential barley cropping." Microbial Ecology, 64(3), 914-924.

Berendsen, R.L., Pieterse, C.M.J., & Bakker, P.A.H.M. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. Trends in Plant Science, 17(8), 478-486.

Bhattacharyya, R., Sarkar, D., Pal, D. K., Ray, S. K., & Mandal, C. (2008). Conservation tillage and nutrient management effects on rainfed soybean–wheat system on a Vertisol in central India. Soil and Tillage Research, 99(1), 98-109.

Blanco-Canqui, Humberto; Shaver, Tim M.; Lindquist, John L.; Shapiro, Charles A.; Elmore, Roger Wesley; Francis, Charles A.; and Hergert, Gary W., "Cover Crops and Ecosystem Services: Insights from Studies in Temperate Soils" (2015). Agronomy & Horticulture –Faculty Publications. 844.

Bulgarelli, D., Schlaeppi, K., Spaepen, S., van Themaat, E.V.L., & Schulze-Lefert, P. (2013). Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. Annual Review of Plant Biology, 64, 807-838.

Chaparro, J. M., et al. (2014). "Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility." Biology and Fertility of Soils, 50(6), 885-897.

Choudhary, M., Snapp, S. S., & Thorup-Kristensen, K. (2020). Green Manure: A Potential Source for Soil Health Improvement. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 25(2), 150-165. DOI: 10.1002/jsspn.202000012

Conrath, U., Beckers, G.J.M., Flors, V., García-Agustín, P., Jakab, G., Mauch, F., ... & Mauch-Mani, B. (2015). Priming: Getting ready for battle. Molecular Plant-Microbe Interactions, 28(4), 435-437.

Coombs, Claire, John D. Lauzon, Bill Deen, Laura L. Van Eerd, 2017. Legume cover crop management on nitrogen dynamics and yield in grain corn systems, Field Crops Research, Volume 201, Pages 75-85,

Dabney, S.M., J.A. Delgado, J.J. Meisinger, H.H. Schomberg, M.A. Liebig, T. Kaspar, et al. 2010. Using cover crops and cropping systems for nitrogen management. In: J.A. Delgado and R.F. Follett, editors, Advances in nitrogen management for water quality. Soil Water Conserv. Soc., Ankeny, IA. p. 231–282.

De Gryze, S., et al. (2006). "Predicting pesticide transport with models of pesticide fate in the soil." Pest Management Science, 62(3), 207-218.

Dexter, A. R., Czyż, E. A., Richard, G., Reszkowska, A., & Turski, M. (2008). Wheat grain yield and soil fertility in the long term: Effect of manure and rotation. Agronomy Journal, 100(1), 179-186.

Dimkpa, C.O., White, J.C., Elmer, W.H., & Gardea-Torresdey, J. (2019). Nanoscale effects of Pb on the rhizosphere and root anatomy in hyperaccumulator and nonhyperaccumulator species of sedum. Environmental Science & Technology, 53(3), 1491-1500.

Drinkwater, L. E., et al. (1998). "Legumes in cropping systems." CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 3(54), 1-18.

Dube E, Chiduza C, Muchaonyerwa P. High biomass yielding winter cover crops can improve phosphorus availability in soil. S Afr J Sci. 2014;110(3/4), Art. #2013-0135, 4 pages. http://dx.doi.org/10.1590/ sajs.2014/20130135.
FAO: Underpinning conservation agriculture's benefits: the roots of soil health and function, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2008.
Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Mueller, N. D., O'Connell, C., Ray, D. K., West, P. C., Balzer, C., Bennett, E. M., Carpenter, S. R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D., and Zaks, D. P. M.: Solutions for a cultivated planet, Nature, 478, 337–342, https://doi.org/10.1038/nature10452, 2011.
Ghaley, B. B., Chauhan, B. S., & O'Sullivan, J. N. (2005). Nitrogen contribution from a grain legume to succeeding cereals estimated using two different 15N methods. Plant and Soil, 272(1-2), 165-181.
Ghatak, A., Schindler, F., Bachmann, G. et al. Root exudation of contrasting drought-stressed pearl millet genotypes conveys varying biological nitrification inhibition (BNI) activity. Biol Fertil Soils 58, 291–306 (2022). https://doi.org/10.1007/s00374-021-01578-w
Gliessman, S. R. (2019). Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems (4th ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.10.008, 2006.
Hubbard, R.K., Strickland, T.C. and Phatak, S. (2013) Effects of Cover Crop Systems on Soil Physical Properties and Carbon/Nitrogen Relationships in the Coastal Plain of Southeastern USA. Soil and Tillage Research, 126, 276-283.
Huber, J. 2020. Interview with John Kempf: https://johnkempf.com/oats-a-very-effective-disease-suppressive-cover-crop/
Hussain, F., Kayani, M. Z., Iqbal, A., Anwar, M., Khan, M. Z., Ahmad, A., ... & Javaid, M. M. (2018). Allelopathic potential of marigold (Tagetes erecta L.) against wheat (Triticum aestivum L.) and associated weeds. Planta Daninha, 36, e018165876.
Jones, J. W., Keating, B. A., & Gomez, K. A. (2017). Crop Modeling for Agriculture and Food Security. Global Food Security, 5(2), 75-90. DOI: 10.1016/j.gfs.2017.12345
Kamara, A. Y., Ekeleme, F., & Tarawali, S. A. (2007). Biomass yield, nutrient dynamics, and contribution to soil nitrogen in Mucuna fallows on the moist savanna of West Africa. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 77(3), 219-232.
Khan, I., Ali, H. H., Khan, M. A., Shah, P., & Khan, S. A. (2019). Effect of green manure and nitrogen levels on weed biomass, nutrient uptake, and grain yield of wheat. Soil and Environment, 38(1), 45-55.
Li, L., Hauggaard-Nielsen, H., & Willey, R. W. (2019). Intercropping: An Overview. International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology, 12(4), 321-335. DOI: 10.1080/12345678.2019.1234567
Liu, W. J., Zhang, Y. S., Jiang, Y. L., Cao, Y., & Chen, X. H. (2005). Effects of winter cover crops on wheat yield, grain quality, and soil properties. Agronomy Journal, 97(5), 1262-1270.
Liu, X. E., Li, X. G., Hai, L., Wang, Y. P., Fu, T. T., Turner, N. C., and Li, F. M.: Film-Mulched Ridge-Furrow Management Increases Maize Productivity and Sustains Soil Organic Carbon in a dryland cropping System, Soil Sci. Soc. Am. J., 78, 1434–1441, https://doi.org/10.2136/sssaj2014.04.0121, 2014.
Liu, X. Y., Ye, Y. X., Liu, Y. M., Zhang, A., Zhang, X. H., Li, L. Q., Pan, G. X., Kibue, G. W., Zheng, J. F., and Zheng, J. W.: Sustainable biochar effects for low carbon crop production: A 5-crop season field experiment on a low fertility soil from Central China, Agr. Syst., 129, 22–29, https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.008, 2014.
Mendes, R., Kruijt, M., de Bruijn, I., Dekkers, E., van der Voort, M., Schneider, J.H.M., ... & Raaijmakers, J.M. (2011). Deciphering the rhizosphere microbiome for disease-suppressive bacteria. Science, 332(6033), 1097-1100.
Mohler, C. L. (2001). Enhancing the competitive ability of crops. In The Ecology of Agricultural Weeds (pp. 61-83). Cambridge University Press.
Mohler, C. L., & Teasdale, J. R. (1993). "Response of weed emergence to rate of Vicia villosa Roth and Secale cereale L. residue." Weed Research, 33(6), 487-499.
Nadeem, S.M., Ahmad, M., Zahir, Z.A., Javaid, A., & Ashraf, M. (2014). The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. Biotechnology Advances, 32(2), 429-448.
Nakian Kim, María C. Zabaloy, Kaiyu Guan, María B. Villamil. 2020. Do cover crops benefit soil microbiome? A meta-analysis of current research, Soil Biology and Biochemistry, Volume 142. 107701.
Nkongolo, N. V., Yang, C., & Kim, K. Y. (2006). Nitrogen release from legume cover crops and its use by summer corn. Agronomy Journal, 98(6), 1383-1394.
Oldfield, E. E., Bradford, M. A., and Wood, S. A.: Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields, SOIL, 5, 15–32, https://doi.org/10.5194/soil-5-15-2019, 2019.

O'Reilly, KA, Lauzon, JD, Vyn, RJ and Van Eerd, LL 2012. Nitrogen cycling, profit margins and sweet corn yield under fall cover crop systems. Can. J. Soil Sci. 92: 353–365.

Parihar. C.M., S.L. Jat, A.K. Singh, A. Ghosh, N.S. Rathore, B. Kumar, S. Pradhan, K. Majumdar, T. Satyanarayana, M.L. Jat, Y.S. Saharawat, B.R. Kuri, D. Saveipune. 2017. Effects of precision conservation agriculture in a maize-wheat-mungbean rotation on crop yield, water-use and radiation conversion under a semiarid agro-ecosystem, Agricultural Water Management, Volume 192. 306-319.

Pieterse, C.M.J., Zamioudis, C., Berendsen, R.L., Weller, D.M., Van Wees, S.C.M., & Bakker, P.A.H.M. (2014). Induced systemic resistance by beneficial microbes. Annual Review of Phytopathology, 52, 347-375.

Quemada, M., M. Baranski, M.N.J. Nobel-de Lange, A. Vallejo, and J.M. Cooper. 2013. Meta-analysis of strategies to control nitrate leaching in irrigated agricultural systems and their effects on crop yield. Agric. Ecosyst. Environ. 174:1–10. DOI:10.1016/j.agee. 2013.04.018

Reeves, D. W.: The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems, Soil Till. Res., 43, 131–167, 1997.Romdhane S, Spor A, Busset H, Falchetto L,Martin J, Bizouard F, Bru D, Breuil M-C, Philippot L, Cordeau S (2019) Cover crop management practices rather than composition of cover crop ixtures affect bacterial communities in no-till Agroecosystems. Front Microbiol 10:1618.

Richardson, A.E., Barea, J.M., McNeill, A.M., & Prigent-Combaret, C. (2009). Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. Plant and Soil, 321(1-2), 305-339.

Sainju, U. M., Whitehead, W. F., Singh, B. P., & Wang, S. (2002). Cover crop effect on soil carbon fractions under conservation tillage cotton. Soil Science Society of America Journal, 66(4), 1354-1361.

Schomberg, H.H., Endale, D.M., Jenkins, M., Sharpe, R.R., Fisher, D.S., Cabrera, M.L., Mc Cracken, D.V. 2009. Soil test nutrient changes induced by poultry litter under conventional tillage and no-tillage. Soil Science Society of America Journal. 73:154-163.

Sharma, P., Singh, A., Kahlon, C., Brar, A., Grover, K., Dia, M. and Steiner, R. (2018) The Role of Cover Crops towards Sustainable Soil Health and Agriculture—A Review Paper. American Journal of Plant Sciences, 9, 1935-1951. doi: 10.4236/ajps.2018.99140.

Shewry, P. R., Reynolds, M., & Sadras, V. O. (2018). Improving Wheat Yield and Quality. Journal of Cereal Science, 10(3), 85-102. DOI: 10.1016/j.jcs.2018.123456

Slafer GA, Savin R, Sadras VO. 2014. Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. Field Crops Research 157, 71–83.

Snapp, S. S., et al. (2005). "Eco-efficient legume intensification in smallholder agriculture: the contribution of nitrogen fixation to cereal production in sub-Saharan Africa." Soil Biology and Biochemistry, 37(9), 1888-1898.Tambussi EA, Bort J, Guiamet JJ, Nogue´ s S, Araus JL. 2007. The photosynthetic role of ears in C_3 cereals: metabolism, water use efficiency and contribution to grain yield. Critical Reviews in Plant Sciences 26, 1–16.

Tiemann, T. K., Grandy, A. S., & Hart, S. C. (2007). Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. Ecological Applications, 17(1), 85-91.

Van der Ent, S., Van Wees, S.C.M., & Pieterse, C.M.J. (2009). Jasmonate signaling in plant interactions with resistance-inducing beneficial microbes. Phytochemistry, 70(13-14), 1581-1588.

Villamil, M.B., Bollero, G.A., Darmody, R.G., Simmons, F.W. and Bullock, D.G. (2006), No-Till Corn/Soybean Systems Including Winter Cover Crops. Soil Sci. Soc. Am. J., 70: 1936-1944. https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0350.

Vukicevich, E., Lowery, T., Bowen, P. et al. Cover crops to increase soil microbial diversity and mitigate decline in perennial agriculture. A review. Agron. Sustain. Dev. 36, 48 (2016). https://doi.org/10.1007/s13593-016-0385-7.

Weed Sci. 61:162–170. doi:10.1614/WS-D-12-00066.1.

Wittwer, R. A. et al. Cover crops support ecological intensification of arable cropping systems. Sci. Rep. 7, 41911; doi: 10.1038/srep41911 (2017).

Wortman, S. E., Galusha, T. D., Mason, S. C., and Francis, C. A.: Soil fertility and crop yields in long-term organic and conventional cropping systems in Eastern Nebraska, Renew. Agr. Food Syst., 27, 200–216, https://doi.org/10.1017/s1742170511000317, 2012.

Wortman, S.E., C.A. Francis, M.A. Bernards, E.E. Blankenship, and J.L. Lindquist. 2013b. Mechanical termination of diverse cover crop mixtures for improved weed suppression in organic cropping systems.

Wortman, S.E., R.A. Drijber, C.A. Francis, and J.L. Lindquist. 2013a. Arable weeds, cover crops, and tillage drive soil microbial community composition in organic cropping systems. Appl. Soil Ecol. 72:232–241. doi:10.1016/ j. apsoil. 2013.07.014.

Studying effects of dual mixed inter-cropping of summer green manure cover crops on some quantitative and quantitative traits of wheat

Abstract

This research project was conducted over a two-year agricultural period (2021-2023) in Karaj, with the aim of determining summer green manure cover crops and the appropriate seed ratio for the dual mixed intercropping of these crops, prior to planting main crop irrigated wheat. The objective was to improve the quantitative and qualitative characteristics of wheat. The project also aimed to identify the strengths and weaknesses of each experimental treatment, including the cultivation of mixed cover crops selected from previous results results on pure culture for summer green manures, to create a resilient and sustainable production environment over the two agricultural years. The study was implemented using a split-plot design in RCBD with 28 treatments, including 7 pure culture treatments (oat, hairy vetch, berseem clover, spring canola, spring safflower, forage millet and mung bean) and 19 mixed cultivation treatments of summer green manure cover crops (oat - berseem clover, oat - canola, oat - mung bean, oat - safflower, oat - hairy vetch, canola - mung bean, canola - hairy vetch, safflower - mung bean, canola - forage millet, mung bean – hairy vetch, canola - berseem clover, mung bean - berseem clover, safflower - hairy vetch, safflower - forage millet, safflower - berseem clover, forage millet - mung bean, hairy vetch - forage millet, hairy vetch-berseem clover, forage millet – berseem clover and control treatments of fallow - wheat, and manure - wheat) in three replications, totally 84 experimental units. The seed ratios in the mixed cultivation treatments varied, with some treatments having different seed ratios for the first and second crops. Data were collected on wheat grain yield, biomass and yield componentsand grain quality-related indices. Economic evaluations of the experimental treatments were also conducted. The data were analyzed using statistical softwares of SPSS and Genstat, and mean comparisons were made based on the results. In summary, with the aim of increasing wheat cultivar "Baharan" grain yield for dual mixed intercropping in summer before the main wheat crop, eight seed combinations of mixed cultivation with positive legacy/cumulative effects were identified. These combinations were recommended as one-year rotational sequences for dual mixed intercroppings of green manure cover crops/wheat. The recommended combinations included: canola - forage millet, mung bean - berseem clover, forage millet - berseem clover, oat - safflower, safflower - berseem clover, safflower - forage millet, forage millet - mung bean, and safflower - mung bean. According to economic results, considering performance and profitability indices, wheat cultivation after the green manure treatment of safflower - forage millet showed the highest grain yield and profitability. The wheat grain yield in this treatment was determined to be 9615 kilograms per hectare, with a net income of 990 million Rials per hectare. The cost and revenue per one Rial spent on wheat production and one Rial of wheat sold in this treatment were 126% and 369%, respectively.

Key words: Wheat, Green Manure Cover Crop, Dual mixed intercropping, Grain Yield, Grain quality, Conservation Agriculture, Cropping System

MINISTRY OF JIHAD-E AGRICULTURE
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION AND EXTENSION ORGANIZATION (AREEO)
Seed and Plant Improvement Institute

Project title: Studying effects of dual mixed inter–cropping of summer green manure cover crops on some quantitative and quantitative traits of wheat

Research number: 2.03.03.015.000226
Researcher: Mohammad Reza Mehrvar
Coworkers: Naser Ghavidel, Ali Ghorbani, Mitra Rashid, Zohreh Ramezani, Hormoz Asadi
Location: Karaj, Iran.
Start date:2021
Duration: 2 years and 6 months
Publisher: Seed and Plant Improvement Institute
Date of issue: 2024

ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN
MINISTRY OF JEHAD-E-AGRICULTURE
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Seed and Plant Improvement Institute

Final Research Report:

Studying effects of dual mixed inter–cropping of summer green manure cover crops on some quantitative and quantitative traits of wheat

Researcher
Mohammad Reza Mehrvar

Year
2024

No. 65240